



UNIVERSIDAD DE CUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

“OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD,
MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE LA PARROQUIA SININCAY”



Tesis previa a la
Obtención del Título
Bioquímico Farmacéutico

AUTORES

- FREDDY RODRIGO TENELANDA PATIÑO
- JOSÉ EZEQUIEL MUYULEMA PINGUIL

DIRECTOR

DR. JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ SÁNCHEZ

CUENCA-ECUADOR

2013



RESUMEN

El agua es un recurso muy valioso y esencial para la vida, por lo cual la mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud y el desarrollo de la sociedad.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad microbiológica y físico-química del agua potable de la red de distribución de la Parroquia rural Sinincay, de la cual se tenían algunos reportes previos de alteraciones en color y turbidez.

Para ello se realizó un estudio entre los meses de Junio y Agosto de 2013, el que se dividió en tres momentos. Primeramente se evaluaron muestras tomadas de cinco sectores diferentes de la Parroquia a través de las determinaciones de color, turbidez, pH, conductividad eléctrica, dureza, microorganismos coliformes totales y fecales. Posteriormente se desarrolló un experimento en el que se optimizó la dosis de sulfato de aluminio para el proceso de potabilización y finalmente se evaluaron los mismos parámetros luego del experimento. Todos los datos fueron introducidos y procesados en el paquete SPSS v.11.5.

Como los reportes previos indicaban, la turbidez y el color fueron los parámetros más afectados, además de la concentración de cloro y el pH. Al parecer, esto depende fundamentalmente de la distancia entre el punto de toma de muestra y la planta potabilizadora.

La dosis óptima de sulfato de aluminio en este trabajo fue de 55 mg/l. La introducción de la nueva dosis mejoró significativamente la calidad del agua de consumo, especialmente entre los parámetros color, turbidez.

Palabras claves: Calidad agua, Sinincay, físico-química, *coliformes*.



ABSTRACT

Water is a valuable and essential resource for life, thus improving access to drinking water can provide tangible benefits to health and development of society.

The aim of this study was to evaluate the microbiological and physico-chemical quality of Sinincay drinking water distribution network, which some previous reports of changes in color and turbidity that it had.

This study was performed among the months of July and August 2013, which was divided into three stages. First were evaluated samples taken from five different sectors of the parish through determinations of color, turbidity, pH, electrical conductivity, hardness, total and fecal coliforms. Subsequently, was developed an experiment in which the dose of aluminum sulphate to the water purification process was optimized and finally were evaluated the same determinations after the experiment. All data were entered and processed in the SPSS v.11.5 package.

As indicated earlier reports, turbidity and color parameters were the most affected, besides the chlorine concentration and pH. Apparently, this depends mainly on the distance between the sampling point and the water treatment plant.

The optimal dose of aluminum sulfate in this study was 55 mg /l. The introduction of the new dose improved significantly the quality of drinking water, especially for the parameters color and turbidity.

Keywords: Water quality, Sinincay, physico-chemical, *coliforms*



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTOS.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO I	18
1 CONTENIDO TEÓRICO	18
1.1 EL AGUA.....	18
1.1.1 GENERALIDADES	18
1.1.2 CALIDAD DE AGUA.....	18
1.2 MICROBIOLOGÍA DEL AGUA.....	19
1.2.1 BACTERIAS.....	20
1.3 ANÁLISIS FÍSICO DEL AGUA.....	23
1.3.1 TURBIDEZ	23
1.3.2 COLOR.....	23
1.3.3 CONDUCTIVIDAD	24
1.4 ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA.....	25
1.4.1 DUREZA.....	25
1.4.2 pH.....	26
1.4.3 CLORO LIBRE RESIDUAL	27
1.5 ENSAYO DE JARRAS	28
1.6 PROCESO DE POTABILIZACIÓN	29
1.6.1 DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN.	29
1.6.2 MEZCLA RÁPIDA	29
1.6.3 FLOCULACIÓN.....	29
1.6.4 SEDIMENTACIÓN	31
1.6.5 FILTRACIÓN.....	32
1.6.6 DESINFECCIÓN	33
1.6.7.1 CLORACIÓN.....	33
CAPÍTULO II	35

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



2	METODOLOGÍA DE TRABAJO	35
2.1	TIPO DE ESTUDIO	35
2.2	POBLACIÓN DE ESTUDIO Y MUESTRA	35
2.3	MUESTREO	35
2.3.1	MUESTRA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	36
2.3.2	MUESTRA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	36
2.4	TURBIDEZ	38
2.4.1	EQUIPO.	38
2.4.2	PROCEDIMIENTO.	38
2.4.3	INFORMES DE RESULTADOS.	38
2.5	COLOR	39
2.5.1	PROCEDIMIENTO.	39
2.5.2	INFORMES DE RESULTADOS.	39
2.6	COLOR RESIDUAL.....	39
2.6.1	PROCEDIMIENTO.	39
2.6.2	INFORMES DE RESULTADOS.	39
2.7	pH	40
2.7.1	PROCEDIMIENTO.	40
2.7.2	INFORMES DE RESULTADOS.	40
2.8	DUREZA TOTAL	40
2.8.1	PROCEDIMIENTO.	40
2.8.2	CÁLCULOS.....	40
2.8.3	INFORMES DE RESULTADOS	41
2.9	CONDUCTIVIDAD.....	41
2.9.1	PROCEDIMIENTO.	41
2.9.2	INFORMES DE RESULTADOS	41
2.10	DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES	42
2.10.1	TÉCNICA DEL NMP.	42
2.10.2	PROCEDIMIENTO	42
2.10.3	CÁLCULO DE LOS RESULTADOS Y SU INTERPRETACIÓN.	43
2.11	DETERMINACIÓN DE <i>E. COLI</i>	43
2.11.1	PROCEDIMIENTO.	43



2.11.2	CÁLCULO DE LOS RESULTADOS Y SU INTERPRETACIÓN	44
2.13	PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO.....	45
CAPÍTULO III		46
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
3.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA POTABLE EN LOS SECTORES DE ESTUDIO.....	46
3.2	CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE FLOCULANTE DURANTE ESTE PERIODO DE ESTUDIO.....	49
3.1.3	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA POTABLE EN LOS DIFERENTES SECTORES DE ESTUDIO DESPUÉS CAMBIO EN LA DOSIS DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO.	50
4.	CONCLUSIONES.....	57
5.	RECOMENDACIONES.	58
BIBLIOGRAFÍA.....		59



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla de muestreo.....	36
Tabla 2. Requisitos específicos de agua potable.....	37
Tabla 3. Caracterización físico-química y microbiológica de las muestras de agua....	46
Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson para Cloro, Color y Turbidez.....	48
Tabla 5. Porcentaje de incumplimiento de la norma INEN 1108:2011.....	48
Tabla 6. Resultados de la concentración de sulfato de aluminio.....	49
Tabla 7. Características físico-químicas y microbiológicas de las muestras de agua después del cambio de dosis de sulfato de aluminio.....	51
Tabla 8. Comportamiento de la calidad del agua después del tratamiento con una dosis optimizada de sulfato de aluminio.....	52
Tabla 9. Porcentaje de incumplimiento de la norma INEN 1108:2011 luego de cambiar la dosis de sulfato de aluminio.....	56

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Comportamiento del cloro residual.....	47
Gráfico 2. Comportamiento del color del agua potable.....	53
Gráfico 3. Comportamiento de la turbidez del agua potable.....	54
Gráfico 4. Comportamiento de la conductividad eléctrica del agua potable.....	55
Gráfico 5. Comportamiento del indicador Color del agua, durante el estudio.....	82
Gráfico 6. Comportamiento del indicador TURBIDEZ del agua.....	83
Gráfico 7. Comportamiento del indicador CONDUCTIVIDAD del agua.....	84
Gráfico 8. Comportamiento del indicador pH del agua.....	85
Gráfico 9. Comportamiento del indicador CLORO RESIDUAL del agua.....	86
Gráfico 10. Comportamiento del indicador DUREZA del agua.....	87

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo de la planta de purificación.....	29
Figura 2: Mecanismo de coagulación.....	31
Figura 3. Turbidímetro 2100AN HACH.....	38

Autores:

José Muyulema P.
Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Preparación del medio de cultivo caldo lauril sulfato triptosa.....	61
ANEXO 2: Preparación del medio de cultivo E.C.....	62
ANEXO 3: Preparación del medio de cultivo SIM.....	63
ANEXO 4: Preparación del medio de cultivo agar EMB.....	64
ANEXO 5: Croquis de la Parroquia Sinincay.....	65
ANEXO 6: Respaldo fotográfico.....	66
ANEXO 7: Curva de calibración de sulfato de aluminio.....	74
ANEXO 8: Norma INEN 1108:2011.....	75
ANEXO 9: Preparación de reactivos para determinación de la dureza.....	81
ANEXO 10: Gráficos comportamentales.....	82
ANEXO 11: Preparación de dosis de sulfato de aluminio.....	88
ANEXO 12: Índice de NMP para microorganismos coliformes.....	89
ANEXO 12: Certificación de trabajo realizado en la empresa ETAPA EP.	90

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Freddy Rodrigo Tenelanda Patiño, autor de la tesis "OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD, MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA PARROQUIA SININCAY", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 3 de Diciembre de 2013


Freddy Rodrigo Tenelanda Patiño
0923966543

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Freddy Rodrigo Tenelanda Patiño, autor de la tesis "OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD, MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA PARROQUIA SININCAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 3 de Diciembre de 013


Freddy Rodrigo Tenelanda Patiño
0923966543

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, José Ezequiel Muyulema Pinguil, autor de la tesis "OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD, MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA PARROQUIA SININCAY", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 3 de Diciembre de 2013

José Ezequiel Muyulema Pinguil
0105506174

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, José Ezequiel Muyulema Pingüil, autor de la tesis "OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD, MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA PARROQUIA SININCAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 3 de Diciembre de 013

José Ezequiel Muyulema Pingüil
0105506174

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DEDICATORIAS

Con todo mi afecto dedico esta tesis a mis padres Jaime Tenelanda y Blanca Patiño por haber estado siempre a mi lado, haberme guiado y entregado todo su amor.

A mis hermanos Jenny, Pablito, por alegrar todos mis días, a Daniel y su esposa Verónica por haberme dado el mejor regalo del mundo mi sobrino Benjamín.

A toda mi familia y amigos por haber compartido sus consejos en las diferentes etapas de mi vida.

FREDDY TENELANDA PATIÑO.

Dedico esta tesis a mis padres, mis hermanas y mi esposa, quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores, que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños.

JOSÉ MUYULEMA PINGUIL.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca ETAPA EP. por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

A nuestro director Dr. José Eduardo Sánchez Sánchez por su colaboración.

A nuestro asesor Ing. Boris Sánchez, Ingeniero Químico en ETAPA EP, por su tiempo, colaboración y apoyo durante todo nuestro trabajo.

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local.

La experiencia ha demostrado que las medidas destinadas a mejorar el acceso al agua potable favorecen en particular a los pobres, tanto de zonas rurales como urbanas, y pueden ser un componente eficaz de las estrategias de mitigación de la pobreza y prevención de enfermedades. (1)

La Parroquia de San Francisco de Sinincay, es una de las parroquias rurales del Cantón Cuenca, ubicada a seis kilómetros de la misma; cuenta con un número de 3425 viviendas con acceso a red pública de distribución de agua potable, de acuerdo al censo de población y vivienda INEC 2010.

Determinar la calidad del agua de la Parroquia Sinincay fue un trabajo importante ya que no existía un análisis previo de los parámetros que mostraban afectaciones; con el riesgo potencial de causar alteraciones en la salud de las personas y en el sistema de distribución.

En el presente trabajo se evaluó, mediante estudios físico-químicos y microbiológicos la calidad del agua que llega a los hogares de esta Parroquia, a través de la norma establecida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN 1108:2011, cuarta revisión (ANEXO 8), en la que se encuentran los requisitos tanto físico-químicos como microbiológicos que debe cumplir el agua para que sea considerada apta para el consumo humano.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CAPÍTULO I

1 CONTENIDO TEÓRICO

1.1 EL AGUA

1.1.1 GENERALIDADES

Las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua, el 99,6% de la cual es salada y el 2,4% es dulce y de ésta el 77,9% está congelada en los casquetes polares y glaciares, un 21,4% es agua subterránea y el resto es una fracción muy pequeña que existe en los lagos, ríos y mares interiores. (2)

El agua en ocasiones no se le considera un nutrimento, porque no sufre cambios químicos durante su aprovechamiento biológico; pero es un hecho de que sin ella no se puede llevar a cabo las innumerables transformaciones bioquímicas propias de todas las células activas. Tiene gran número de funciones biológicas, su capacidad física para transportar sustancias, disolver otras y mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal, también interviene en la fotosíntesis y en muchas reacciones químicas y enzimáticas. (3)

1.1.2 CALIDAD DE AGUA

Condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos, ésta depende directamente de la utilización que se le vaya a dar a dicha agua. Muchas de las características físico-químicas y bacteriológicas requeridas para determinado uso son características adoptadas para propósito generales. Así, por ejemplo, es condición generalmente aceptada que un suministro de agua público, para uso doméstico e industrial, el agua debe ser clara, libre de minerales que produzcan efectos biológicos o fisiológicos indeseables y carente de organismos patógenos.

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la físico-química y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por



los que viaje el agua, ésta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dicho substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos, entre otras sales. En el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos, se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidad apreciable la sílice.

El agua encontrada en estado natural nunca está en estado puro, sino que presenta sustancias disueltas y en suspensión. Estas sustancias pueden limitar, de modo igualmente natural, el tipo de usos del agua. Las aguas hipersalinas o muy sulfurosas, por ejemplo, no se pueden usar como agua potable o de riego. (4)

1.1.2.1 INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA. los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, nitratos, nitritos, cloro residual.

También se pueden emplear bioindicadores, para ello se usan diferentes grupos biológicos como por ejemplo el grupo coliforme. (4)

1.1.2.2 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA. Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros. Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de autodepuración. (4)

1.2 MICROBIOLOGÍA DEL AGUA

Las características biológicas y microbiológicas del agua vienen regidas por la población de microorganismos acuáticos que albergan y que afectan de un modo muy importante en su calidad. Algunos de estos microorganismos pueden dañar la salud humana, dando lugar a las denominadas “enfermedades hídricas”, de una incidencia especialmente grave en los países en vías de desarrollo.



Por otro lado, el contenido biológico o microbiológico del agua puede afectar al desarrollo de olores y sabores en esa agua e incluso promover o favorecer procesos de corrosión en tuberías de distribución, depósitos y almacenamiento de agua, así como también en las canalizaciones de evacuación de aguas residuales domésticas e industriales. (5)

Todo organismo debe encontrar en su medio ambiente las unidades estructurales y las fuentes de energía necesaria para formar y mantener su estructura y organización. Dichos materiales son llamados nutrientes. Casi todos los organismos vivos requieren los siguientes nutrientes:

- Fuente de carbono
- Fuente de energía
- Fuente de nitrógeno
- Agua
- Fuentes mineral

Además, algunos organismos requieren ciertos factores accesorios de crecimiento, tales como vitaminas y aminoácidos.

El agua contiene suficiente sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

La transmisión de organismos patógenos a través del agua ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades. (6)

Entre los gérmenes que pueden ser transmitidos por el agua tenemos:

1.2.1 BACTERIAS

La flora bacteriana de cualquier agua la conforman dos grupos típicos:

a) BACTERIAS AUTÓCTONAS.- Con hábitat en el agua y que sólo pueden desarrollarse óptimamente aquí. (5)



b) BACTERIAS PROCEDENTES DE OTROS BIÓTOPOS.- Especialmente bacterias provenientes de la tierra. (5)

Además, sobre las aguas superficiales cae constantemente una lluvia de bacterias procedente del aire. Todas estas bacterias ocasionales únicamente permanecen vivas en el agua un tiempo limitado, que si se dilata las convierte en organismo facultativos de las aguas.

El contenido bacteriano es muy variable dependiendo del tipo de agua, concentración de las sales inorgánicas y sustancias orgánicas, enturbiamiento, iluminación y temperatura. (5)

1.2.1.1 COLIFORMES. El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gases en un periodo de 48 horas a 37 °C.

El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande. Su presencia en el agua se considera un índice evidente de la ocurrencia de polución fecal, y por tanto, de contaminación con organismos patógenos.

Los coliformes no solamente provienen de los excrementos humanos, sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo; por tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indican contaminación provenientes de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de los tres fuentes. (6)

Dentro del grupo coliforme tenemos:

- ***ESCHERICHIA COLI***

Es la bacteria indicadora por excelencia del grupo coliforme fecal, debido a su presencia permanente en la flora intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente; es Gram negativa, facultativa anaerobia, en forma bacilar, de 0,5 a 2 µm de tamaño. La mayoría de los miembros de la especie *E. coli* son comensalitas inocuos,



pero algunas cepas son patógenas. La *E. coli* patógena causa diarrea, especialmente en niños y viajeros. (6)

Existen seis grupos de *E. coli* enteropatógena, pero los cuatro más importantes asociados con contaminación del agua son:

- ***E. COLI* ENTEROPATOGÉNICA.** Causa diarreas graves en los niños, pero aún se desconoce sus mecanismos patogénicos, si bien se sabe que algunas cepas producen una o más citotoxinas. (7)
- ***E. COLI* ENTEROTOXIGÉNICA.** También causa diarrea en la especie humana, tanto en niños como en adultos, estos últimos padecen la enfermedad extendida por todo el mundo conocida como “diarrea del viajero”. Por otra parte esta cepa produce enterotoxinas de dos tipos distintos: una termolábil que se inactiva a 60 °C en 30 minutos, y una termoestable que resiste los 100 °C durante 15 minutos. Las cepas enterotoxigénicas han estado implicadas en brotes que afectaron a muchas personas y cuyas fuentes fueron el agua y muchos alimentos. (7)
- ***E. COLI* ENTEROINVASIVA.** Produce una citotoxina y frecuentemente induce enfermedades más graves, como colitis y una forma de disentería acompañada de fiebre y de heces sanguinolentas. Estas cepas se le han atribuido muchos brotes, siendo los alimentos. (7)
- ***E. COLI* ENTEROHEMORRÁGICA.** También produce citotoxinas que producen síntomas más graves. *E. coli* O157:H7 (llamado así por sus antígenos específicos O⁻ y H⁻), es la cepa mejor conocida de todas las enterohemorrágicas. Su dosis infectiva es aproximadamente 10-100 bacterias, y sus vehículos infectivos son alimentos no bien tratados, así como también el agua. (7)

- IDENTIFICACIÓN DE *E. COLI*

Para identificarla se puede observar características especiales propias de *E. coli* como: colonias típicas sobre placas de agar de eosina-azul de metileno (EMB), preparadas con inoculación proveniente de un tubo de fermentación de caldo lactosado (LST) en el que se ha formado gas, constituye una prueba confirmatoria



positiva de la presencia de miembros del grupo coliforme. También la demostración de que una o más colonias sobre placas, consiste en bacilos Gram negativos. (6)

1.3 ANÁLISIS FÍSICO DEL AGUA

1.3.1 TURBIDEZ

La turbidez es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión. La turbiedad en un agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varía en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos plantónicos y microorganismos.

El método más usado para determina la turbiedad, es el método nefelométrico, en el cual se mide la turbiedad mediante un nefelómetro y se expresan los resultados en unidades de turbidez nefelométrica (NTU). Con este método se compara la intensidad de luz dispersada por la muestra con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia en las mismas condiciones de medida. Cuanto mayor sea la intensidad de luz dispersada, mayor será la turbiedad.

La determinación de la turbiedad es de gran importancia en aguas para consumo humano. Los valores de turbiedad sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua. (6)

1.3.2 COLOR

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y magnesio coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos y ácido húmico. El color natural del agua existe principalmente por efecto de partículas



coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ión metálico trivalente como el Al^{+++} o el Fe^{+++} .

Dos tipos de color se reconocen en el agua:

Color verdadero. O sea el color de la muestra una vez que se ha removido su turbiedad.

Color aparente. Que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original, sin filtración o centrifugación previa.

La unidad de color es el color producido por un mg/l de platino, en forma de ión cloroplatinato. La determinación del color se hace por comparación de la muestra con soluciones de concentración de color conocida. (6)

1.3.3 CONDUCTIVIDAD

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

La forma más usual de medir la conductividad en aguas es mediante instrumentos comerciales de lectura directa en $\mu mho/cm$ a $25\text{ }^{\circ}C$, con un error menor al 1%. La conductividad leída es igual a la conductividad eléctrica de la muestra medida entre caras opuestas de un cubo de 1cm, como se demuestra a continuación.

La resistencia específica de un conductor es función de sus dimensiones y puede expresarse como.

$$C = \frac{RA}{L}$$

C= resistencia específica, ohmio x cm



R= resistencia, ohmio

A= área de la sección transversal del conductor, cm^2

L= longitud del conductor, cm

La conductancia específica de un conductor es igual al inverso de su resistencia específica, o sea;

$$K = \frac{1}{C} = \frac{L}{RA}$$

Dónde: K= conductancia específica, mho/cm

En otras palabras, es la conductancia de un conductor de 1cm de longitud y una sección transversal de 1cm^2 ; por tanto, numéricamente es igual a la conductividad. Como en aguas el valor de la conductividad es muy pequeño, se expresa en $\mu\text{mho/cm}$ o en unidades del sistema internacional $\mu\text{siemens/cm}$.

La conductividad está íntimamente relacionada con la suma de los cationes o aniones determinada en forma química; aproximadamente el producto de la conductividad en $\mu\text{mho/cm}$ por diez es igual a la suma de cationes en miliequivalentes por litro. (6)

1.4 ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

1.4.1 DUREZA

La dureza es causada por iones metálicos divalentes, capaces de reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar incrustaciones. Los principales cationes que causan dureza en el agua y los principales aniones con ellos son los siguientes:

Cationes	Aniones
Ca^{++}	HCO_3^-
Mg^{++}	SO_4^{--}
Sr^{++}	Cl^-



UNIVERSIDAD DE CUENCA



En general la dureza es igual a la concentración de cationes polivalentes del agua. El valor de la dureza determina, por tanto, su conveniencia para uso.

La dureza total se considera aproximadamente igual a la dureza producida por los iones calcio y magnesio.

En las aguas naturales, los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad: por lo tanto, la parte de la dureza total químicamente equivalente a los bicarbonatos presentes en el agua es considerada como la dureza carbonácea. La dureza carbonácea se considera también como “dureza temporal” o “no permanente porque desaparece cuando se hierve el agua, o sea, que puede precipitarse mediante ebullición prolongada. Esto se produce porque los bicarbonatos sirven como fuente de iones carbonato para precipitar Ca^{++} como CaCO_3 a temperaturas elevadas.

Toda dureza que no esté químicamente relacionada con los bicarbonatos se considera dureza no carbonácea, esto incluye principalmente sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio. (6)

1.4.2 pH

El pH de la mayor parte de aguas naturales está en el rango de 4 a 9. La mayoría de aguas son ligeramente básicas debido a la presencia de carbonato y bicarbonatos. La Determinación electrométrica del pH en una muestra de agua potable, se realiza utilizando un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por el cambio de pH, usando un potenciómetro con electrodos de vidrio, apto para medir el pH con exactitud al primer decimal. (8)

El conocimiento exacto del pH es esencial en cuanto a la calidad física del agua y la constitución de los materiales de las instalaciones (agresividad, corrosión, incrustación) y también en cuanto a los tratamientos de corrección.



La medición eléctrica del pH exige, por otra parte, una excelente calibración y una regulación perfecta del aparato (en partículas de los electrodos) sino los valores que se obtienen pueden separarse considerablemente del pH real. (9)

La observación y el registro de pH ayudaran al operador a seleccionar la dosis y el tipo de coagulante en el proceso de tratamiento, así como a tomar decisiones sobre la necesidad de ajustar su valor antes de aplicar el coagulante. (6)

1.4.3 CLORO LIBRE RESIDUAL

Cuando el agua contiene ciertas sustancias reductoras, como sales ferrosas o sulfuro de hidrogeno, estas reducirán parte del cloro agregado, convirtiendo en iones cloruros.

Cuando el agua también contiene otras sustancias capaces de reaccionar con el cloro, tales como amoníaco y sus derivados, materia orgánica, bacterias, etc., el nivel de cloro libre disminuirá, pudiéndose producir algunos compuestos orgánicos clorados.

Si la cantidad de cloro agregado es suficientemente grande para garantizar que no se reduzca o combine totalmente, una porción permanecerá libre en el agua; esta porción de cloro recibe el nombre de cloro libre residual o cloro libre. Cuando existe un exceso de otros tipos de compuestos reactivos respecto al cloro agregado originalmente, el nivel de cloro libre descenderá a cero.

Al cloro libre más cloro combinado, se les denomina cloro residual total. Desde el punto de vista de la desinfección, la forma que más interesa es el cloro libre, pues su poder bactericida es mayor que el de cloro combinado.

El cloro libre en soluciones acuosas es inestable por lo que el contenido de cloro de las muestras de agua, particularmente en el caso de las soluciones débiles decrecerá rápidamente. La exposición a la luz del sol u otra luz fuerte, así como la agitación, aceleran la reducción del contenido del cloro. Por lo tanto, los análisis de cloro de las muestras de aguas deben ser realizadas inmediatamente después de recolectadas. (10)

El fundamento de su determinación se basa en que en la ausencia de ión yoduro, el cloro libre disponible reacciona instantáneamente con la N-N dietil-p-fenilendiamina, DPD, para producir un color rojo. Una pequeña adición posterior de ión yoduro que



actúa catalíticamente para inducir la reacción de monocloramina y producir el color. Posterior adición de ión yoduro en exceso produce una rápida respuesta de la dicloramina; el tricloruro de nitrógeno presente es incluido en la determinación de la dicloramina.

Sin embargo el ión yoduro es añadido antes del DPD, una fracción del tricloruro de nitrógeno aparece determinada con el cloro libre. Un procedimiento basado en la alteración del orden de adición de reactivos permite la estimación de tricloruro de nitrógeno. El dióxido de cloro representa el 1/5 de su contenido cloro disponible total con respecto al cloro libre disponible. Si la muestra primero es acidificada en presencia de ión yoduro y luego es llevada a un pH próximo de neutro por la adición de ión bicarbonato, se obtiene una respuesta total de dióxido de cloro correspondiente al contenido de cloro total disponible. (11)

1.5 ENSAYO DE JARRAS

El ensayo de jarras es uno de los más importantes en el control del proceso de coagulación química de aguas. Se realiza, entre otros, con los siguientes propósitos:

- Determinación de pH óptimo de coagulación.
- Evaluación de la dosis óptima de coagulante.
- Determinación de la dosis de ayudas de coagulación.
- Determinación del orden más efectivo de adición de los diferentes productos químicos.
- Determinación de los niveles óptimos de mezcla, gradientes de velocidad y tiempo de mezcla.

Este ensayo se ha usado ampliamente; sus resultados tienen gran aplicabilidad en el diseño y operación real de las unidades de tratamiento, así como en la optimización de plantas existentes. El procedimiento requiere como datos previos mínimos valores de pH, turbiedad, color y alcalinidad de agua cruda. La unidad de mezcla típica consiste en una serie de agitadores de paleta acoplados mecánicamente para operar a la misma velocidad, por lo general entre 10 y 100 rpm (ANEXO 6; Fotografía N° 20 y 21).

Como jarras de coagulación se ha usado vasos de precipitados, generalmente de uno a dos litros, así como jarras rectangulares de dos litros en acrílico transparente. (6)



1.6 PROCESO DE POTABILIZACIÓN

El objetivo de la purificación del agua es proveer a toda la sociedad de agua potable, porque de esta manera se satisface un requerimiento fundamental para el bienestar y comodidad de cada comunidad. (6)

1.6.1 DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE PURIFICACIÓN COAGULACIÓN Y FILTRACIÓN CONVENCIONAL.

La calidad del agua cruda oscila grandemente de una fuente a otra; por ello el tipo de tratamiento requerido para producir agua potable también varía. Dependiendo de la calidad de agua cruda, el grado de complejidad del tratamiento es diferente. (6)

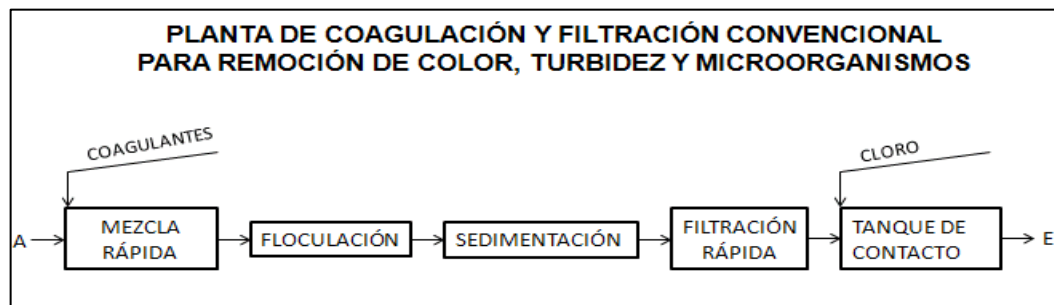


Figura 1. Diagrama de flujo de la planta de purificación (12)

1.6.2 MEZCLA RÁPIDA

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento de agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene generalmente el propósito de dispersar rápida y uniformemente el coagulante sulfato de aluminio a través de toda la masa o flujo de agua (ANEXO 6 Fotografía N° 2).

En los mezcladores hidráulicos la mezcla es ejecutada como resultado de la turbulencia que existe en el régimen de flujo. (12)

1.6.3 FLOCULACIÓN

El término floculación se refiere a la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculantes; es el proceso por el cual, una vez desestabilizados los coloides,



se provee una mezcla suave de las partículas para incrementar la tasa de encuentros o colisiones entre ellas sin romper o disturbar los agregados preformados.

De la misma manera que la coagulación, la floculación es influenciada por fuerzas químicas y físicas tales como la carga eléctrica de las partículas, la capacidad de intercambio, el tamaño y la concentración del flóculo, el pH, la temperatura del agua y la concentración de los electrolitos.

En la floculación, una vez introducido y mezclado el coagulante, las partículas diminutas coaguladas son puestas en contacto una con otra y las demás partículas presentes, mediante agitación lenta prolongada, floculación, durante la cual las partículas se aglomeran, incrementan su tamaño y adquieren mayor densidad. El floculante es, por lo tanto, un tanque con algún medio de mezcla suave y lenta, con un tiempo de retención relativamente prolongado.

La mezcla lenta para floculación puede efectuarse hidráulicamente, como resultado del movimiento del agua.

Los floculadores hidráulicos más comunes son los de flujo horizontal que consisten en un tanque de concreto divididos por tabiques de concreto u otro material adecuado, dispuestos en tal forma que el agua haga un recorrido de ida y vuelta alrededor de los extremos libres de los tabiques. En la práctica, los floculadores hidráulicos de flujo horizontal se usan para plantas pequeñas, caudales menores de 50 l/s (ANEXO 6 Fotografía N° 3 y 4).

Un gradiente de velocidad alto puede romper el flóculo e impedir que adquiera un tamaño adecuado para su sedimentación rápida; un gradiente de muy bajo no produce suficiente agitación, no permite una compactación suficiente ni una floculación completa. El método más común para incrementar la resistencia del flóculo es el de utilizar ayudas de coagulación sintéticos como (praestol). (12)

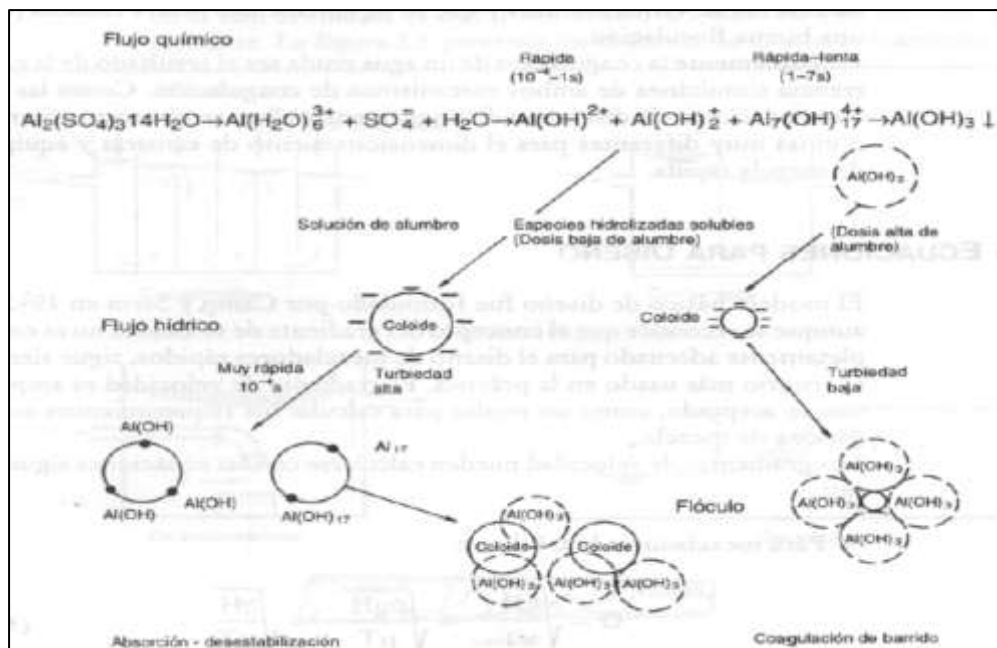


Figura 2: Mecanismo de coagulación. (12)

1.6.4 SEDIMENTACIÓN

Se designa por sedimentación la operación por la cual se remueven las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad; en algunos casos se denomina clarificación. La sedimentación en la purificación del agua después de la adición de coagulantes y de la floculación se usa para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico, como en el caso de remoción de color y turbiedad, la sedimentación va seguida de la filtración.

La sedimentación ocurre de maneras diferentes, según la naturaleza de los sólidos, su concentración y su grado de floculación.

En el agua se pueden encontrar partículas llamadas discretas, las cuales no cambian su tamaño, o forma o peso cuando se sedimentan, y partículas floculentas y precipitantes en las cuales la densidad y el volumen cambia a medida que ellas se adhieren unas con otras mediante mecanismos de floculación, precipitación, o arrastre. La existencia de distintos tipos de partículas en concentraciones distintas hace que sea necesario considerar tipos desiguales de sedimentación, de acuerdo con la clase de partículas. (12)



1.6.4.1 TANQUE DE SEDIMENTACIÓN. El tanque de sedimentación consta de 4 zonas: zona de entrada, zona de salida, zona de lodos y zona de asentamiento (ANEXO 6 Fotografía N° 5).

La zona de entrada tiene como función suministrar una transición suave entre el flujo de entrada y el flujo uniforme permanente deseado en la zona de sedimentación.

La zona de salida provee una transición suave entre la zona de asentamiento o sedimentación y el flujo efluente.

La zona de lodos tiene como función recibir el material sedimentado e impedir que interfiera con el asentamiento de partículas en la zona de sedimentación; se supone que toda partícula que alcanza esta zona es removida efectivamente de la suspensión.

La zona de sedimentación suministra el volumen de tanque necesario para el asentamiento libre de interferencia proveniente de las tres zonas. Idealmente, cada zona debe efectuar sus funciones sin interferencia de las otras, para lograr la mejor eficiencia del tanque de sedimentación. (12)

1.6.5 FILTRACIÓN

La producción de agua clara y cristalina es prerequisite para el suministro de agua segura y requiere de la filtración. Aunque cerca del 90% de la turbiedad y el color son removidos por la coagulación y la sedimentación, una cierta cantidad de floculo pasa al tanque de sedimentación y requiere su remoción. Por ello, para lograr la clarificación final se usa la filtración a través de medios porosos.

La remoción de microorganismos es de gran importancia puesto que muchos de ellos son extremadamente resistentes a la desinfección y, sin embargo, son removibles mediante filtración. En la práctica se considera que el propósito principal de la filtración es remover turbiedad e impedir la interferencia de la turbiedad con la desinfección, al proveer protección a los microorganismos de la acción del desinfectante. (12)

1.6.5.1 MECANISMO DE REMOCIÓN. La filtración depende de una combinación compleja de mecanismos físicos y químicos; en agua de consumo la adsorción es



importante ya que a medida que el agua pasa a través del lecho del filtro las partículas suspendidas hacen contacto y son adsorbidas sobre las superficies de los gránulos del medio o sobre materia previamente depositado. (12)

1.6.6 DESINFECCIÓN

La desinfección es un proceso diseñado para la deliberada reducción del número de microorganismos patógenos. Aunque otros procesos de tratamiento de agua. Como la filtración o coagulación-floculación-sedimentación, pueden alcanzar una reducción patógena, no es generalmente su objetivo principal. Una gran variedad de agentes físicos y químicos pueden usarse para realizar una desinfección. El concepto de desinfección es precedido del reconocimiento de la bacteria como agente causante de la enfermedad. (12)

1.6.7.1 CLORACIÓN

La popularidad del cloro como desinfectante se debe a las siguientes razones:

- Existe disponible como gas, líquido y en forma granular.
- Es relativamente barato.
- Es fácil de aplicar, por cuanto es relativamente de solubilidad alta: cerca de 7000mg/l a 20°C y presión atmosférica.
- En concentraciones insaboras e inocuas para consumo humano deja un residual en solución, el cual provee protección sanitaria en el sistema de distribución.
- Tiene una alta característica de toxicidad para los microorganismos causantes de enfermedades hídricas.
- Es un agente oxidante poderoso.

Entre sus desventajas se señalan:

- Es un gas venenoso que requiere manejo cuidadoso.
- Es altamente corrosivo en solución.
- Forma clorofenoles con los fenoles, los cuales originan problemas series de olores.
- Forma trihalometanos con algunas sustancias orgánicas. (12)



1.6.7.2 QUÍMICA DE LA CLORACIÓN.

En purificación y tratamientos de aguas, el cloro se usa como gas generado a partir de la vaporización de cloro líquido almacenado bajo presión en cilindros; como líquido, comúnmente se utiliza hipoclorito de sodio.

El cloro elemental gaseoso reacciona en el agua de la siguiente forma:



Para concentraciones de cloro menores de 1000mg/l, caso general en la práctica, la hidrólisis es prácticamente completa si el pH es mayor de tres. Como puede observarse en la ecuación anterior, la adición de cloro gaseoso al agua bajará su alcalinidad y consecuentemente su pH debido a la producción del ácido fuerte, HCl, y del ácido hipocloroso, HOCl.

El ácido hipocloroso se ioniza para formar ión hipoclorito:



Como es evidente, la disociación del ácido hipocloroso depende de la concentración de ión hidrógeno, o sea del pH. A pH bajo la disociación de HOCl se inhibe; el residual es predominantemente HOCl a pH igual a seis o menor; a pH igual a 7,7 los residuales de HOCl y OCl^- son aproximadamente similares y a pH igual o mayor que nueve casi todo el residual es OCl^- .

Las especies HOCl y OCl^- en el agua constituyen lo que se denomina cloro libre o residual.

El ácido hipocloroso, HOCl es el desinfectante más efectivo; el ión hipoclorito es relativamente inefectivo en comparación con el ácido hipocloroso; por ello, la desinfección más letal con cloro ocurre a pH bajo, o sea en medio ácido. En general, se considera que el HOCl es 80 a 100 veces más efectivo que el OCl^- para exterminar E. coli. (6)



CAPÍTULO II

2 METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Este trabajo consistió en un estudio descriptivo y experimental.

2.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO Y MUESTRA

El estudio se realizó en las viviendas con acceso a la red de distribución de agua potable de la Parroquia Sinincay, así como la Planta de Potabilización localizada en Mayancela (ANEXO 6, Fotografías N° 1-6). Por conveniencia de número de muestra y muestreo, se dividió la Parroquia Sinincay en cinco sectores incluida la planta potabilizadora.

SECTORES:

S-1: “Sinincay Centro”. Superficie 7.49 Ha.

S-2: “Daniel Duran”. Superficie 7.63 Ha.

S-3: Vía a Racar. Superficie de 17.83 Ha.

S-4: Planta de potabilización.

S-5: “Pampa de Rosas”. Superficie 30.41 Ha (ANEXO 5). (13)

2.3 MUESTREO

Se tomó 1 muestra por cada sector, la cual se trabajó por duplicado, por los 5 sectores dan 10 muestras.

Se realizó 2 muestreos semanales durante 2 meses analizando un total de 160 muestras.

El análisis previo sujetó la mitad de las muestras, luego de las cuales se optimizó el coagulante, mediante prueba de jarras y creación de una curva de calibración para variaciones de agua cruda. Y por último se analizó las muestras faltantes. Las



repeticiones de muestreo en cada sector hizo que los resultados obtenidos sean reproducibles y por ende valederos.

Tabla 1. Tabla de muestreo (Realizados por autores)

SEMANA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
1	10 muestras		10 muestras		
2	10 muestras		10 muestras		
3	10 muestras		10 muestras		
4	10 muestras		10 muestras		
PRUEBA DE LAS JARRAS					
5	10 muestras		10 muestras		
6	10 muestras		10 muestras		
7	10 muestras		10 muestras		
8	10 muestras		10 muestras		

2.3.1 MUESTRA PARA ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Se tomaron muestras en la planta de potabilización y red de distribución, usando frascos de polietileno de 250 ml etiquetados con el sector, la hora y fecha de recolección.

En los grifos de cada inmueble se deja correr el agua durante 2-3 minutos. Llenar finalmente el frasco hasta el tope, evitando dejar aire atrapado en su interior, evitando así las modificaciones durante el transporte.

2.3.2 MUESTRA PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Usando guantes, en un frasco de cristal tapa rosca estéril etiquetado con sector fecha y hora se procedió de la siguiente manera:

Desinfección del grifo usando alcohol etílico al 70% y flameando.

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Destapar el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos externos. La cantidad mínima a recoger para éste análisis es de aproximadamente 250 ml. El frasco debe contener 0,1ml de una solución al 3 % de tiosulfato de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ por cada por cada 125 ml de muestra (ANEXO 6, Fotografías N° 7 y 10).

Finalmente estas muestras fueron transportadas en cooler hasta el laboratorio.

Para analizar parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua potable, es necesario aplicar métodos establecidos en las normas técnicas ecuatorianas o internacionales, las mismas que se encuentran estandarizadas y aplicables en laboratorio. La tabla 3 establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. (14)

Tabla 2. Requisitos específicos de agua potable (14)

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Requisitos físico-químicos		
Color	Unidades de Color aparente (Pt-Co) CU	< 15
Turbiedad	NTU	< 5
Conductividad	(Siemens) S/m	0.005 – 0.05*
pH	Ácido o Alcalino	6-8.5
Dureza total	ppm CaCO_3	< 180*
Cloro residual	mg/l	0.3-1.5
Requisitos microbiológicos		
Coliformes Totales	NMP/100ml	< 1.1
Coliformes Fecales	NMP/100ml	< 1.1

* (15)

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



2.4 TURBIDEZ

2.4.1 EQUIPO.

Turbidímetro de laboratorio marca HACH, modelo 2100AN. Este instrumento mide la intensidad del haz de luz disperso que atraviesa la muestra en condiciones definidas, y compara con la dispersada por una solución patrón de referencia, en idénticas condiciones; es un equipo analógico, que dispone de una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o varios detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura exterior, para indicar la intensidad de la luz dispersada a 90° de la vía de luz incidente; es un equipo más sensible para la determinación de la turbiedad y permite la determinación de bajas turbiedades; y reporta los datos de turbiedad con dos cifras decimales. (16)



Figura 3. Turbidímetro 2100AN HACH. (17)

2.4.2 PROCEDIMIENTO.

Se procedió a calibrar el equipo, de acuerdo a las instrucciones del 2100AN HACH; Leer la turbiedad directamente en la escala del instrumento, la turbiedad se expresa en NTU (unidades nefelométricas de turbiedad).

2.4.3 INFORMES DE RESULTADOS.

Como resultado final, se reportó la media aritmética de los resultados de la determinación efectuada por duplicado en NTU.



2.5 COLOR

2.5.1 PROCEDIMIENTO.

Se calibro el equipo, de acuerdo a las instrucciones del 2100AN HACH. Leer el color directamente en la escala del instrumento.

2.5.2 INFORMES DE RESULTADOS.

Como resultado final, se reportó la media aritmética de los resultados de la determinación efectuada por duplicado en unidades de color CU.

2.6 CLORO RESIDUAL

2.6.1 PROCEDIMIENTO.

Las muestras obtenidas en diferentes sectores, se analizaron en el equipo marca HACH 5870000 de la siguiente manera:

- Homogenizado de la muestra.
- Se transfirió aproximadamente 10 ml de la muestra al recipiente de medida del equipo.
- Se añadió a la muestra el reactivo DPD con un dosificador
- Homogenizar y limpiar la celda.
- Una vez colocada la celda en el equipo se procedió a leer.

2.6.2 INFORMES DE RESULTADOS.

Se anotó la lectura, la misma que viene dada en ppm o mg/l de cloro residual.



2.7 pH

Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio, ante soluciones de diferente actividad de iones H^+ .

2.7.1 PROCEDIMIENTO.

Se utilizó un potenciómetro para efectuar la determinación de la muestra:

- Calibración del equipo.
- Lavado de los electrodos con agua destilada.
- Colocar las muestras en el vaso de precipitación; introducir los electrodos y efectuar la determinación del pH.

2.7.2 INFORMES DE RESULTADOS.

Como resultado se reportó en unidades de pH hasta la primera cifra decimal.

2.8 DUREZA TOTAL

Se aplicó el método complexométrico que es el método más usado actualmente en la mayoría de laboratorios, por la forma sencilla de realizar.

2.8.1 PROCEDIMIENTO.

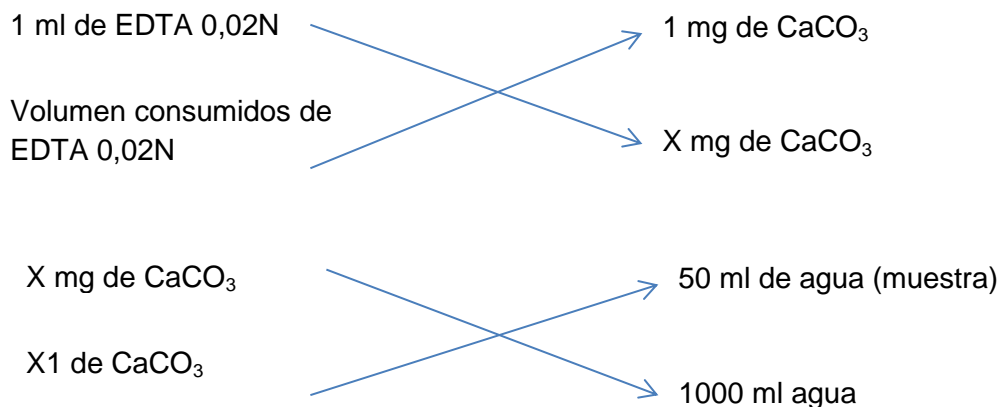
Se efectuó la determinación por duplicado de la siguiente manera:

- Colocar 50 cm^3 de la muestra, medido con probeta volumétrica en un matraz Erlenmeyer y añadir 1 cm^3 de la solución buffer pH=10. Agitar levemente.
- Adicionar 1 cm^3 de la solución inhibidora y una pequeña porción de (aproximadamente 0,05 g) del indicador Eriocromo negro T.
- Titular con solución 0,02 N de EDTA hasta que la coloración rosada pase a azul (ANEXO 9).

2.8.2 CÁLCULOS.



La dureza total se determinó utilizando la proporción siguiente: (18)



2.8.3 INFORMES DE RESULTADOS

Como resultado final, se reportó la media aritmética de los valores de la determinación como mg/l CaCO_3 .

2.9 CONDUCTIVIDAD

2.9.1 PROCEDIMIENTO.

Se utilizó el Conductímetro YSI 52 procediendo de la siguiente manera:

- Colocar la muestra en la celda del equipo.
- Leer directamente las muestras.
- Se realiza la determinación por duplicado.

2.9.2 INFORMES DE RESULTADOS

Se reportó las lecturas en siemens/m.



2.10 DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES

2.10.1 TÉCNICA DEL NMP.

La enumeración de viables por el método del NMP, proporciona una estimación de los organismos viables existentes en un sustrato. Este es un concepto estadístico derivado de la técnica de probabilidades, aplicable a la enumeración de microorganismos bajo condiciones como las que se indican a continuación:

- Los microorganismos se distribuyen de un método homogéneo ya al azar en el medio que los contiene
- Fracciones iguales (muestras) que pueden separarse del medio original contendrá igual número de células.
- Las células se consideran como entidades independientes. El método perderá exactitud si se presentan agrupaciones celulares.
- En caso de que se encuentre una sola célula, el medio de cultivo empleado permitirá detectarla en función de su crecimiento.

El éxito de la prueba se basa en la obtención de crecimiento (tubos positivos) en las diluciones más bajas y ausencia de crecimiento (tubos negativos) en las diluciones altas, es decir se debe obtener combinaciones de tubos positivos y negativos que nos indiquen que el rango de las diluciones empleadas sea el correcto, porque de lo contrario no se podrá hacer lectura en las tablas, ya sea en el caso en la que todos los tubos sean positivos lo cual nos dará una pauta para realizar más diluciones o el caso contrario se deben disminuir el número de diluciones.

La técnica permite inocular 3 o 5 tubos del mismo nivel de diluciones de un banco de diluciones decimales de la muestra, naturalmente que los límites de confianza son más precisos a medida que aumenta el número de tubos por nivel, sin que esto signifique que se llegue a una determinación con un 100 % de precisión. (19)

2.10.2 PROCEDIMIENTO

Se preparó tres series sucesivas de 5 tubos con caldo lactosado, una de doble concentración y las otras dos de concentración sencilla (ANEXO 1). Etiquetando las series con 10, 1 y 0.1 ml.



Se Inoculo con una pipeta de 10 ml este volumen de muestra en la serie de tubos con caldo de doble concentración, con otra pipeta de 1 ml para 1 ml de muestra en la segunda serie de tubos con concentración sencilla. Igualmente con la misma pipeta pudo inocularse la tercera serie de tubos con 0.1 ml de muestra.

Incubar a 37°C durante 24 a 48 horas

Pasadas las primeras 24h. Anotamos los tubos que muestren la presencia de gas y regresamos a la estufa los tubos negativos por 24h más. Pasadas las siguientes 24h anotar los resultados de los tubos restantes.

2.10.3 CÁLCULO DE LOS RESULTADOS Y SU INTERPRETACIÓN.

Para obtener el NMP proceder de la forma siguiente: anotar el número de tubos positivos de cada uno de las diluciones

Buscar en la tabla del NMP con el código correspondiente a los tubos positivos confirmados del ensayo. Este número se expresa como NMP/100ml de muestra. (Anexo 12)

2.11 DETERMINACIÓN DE *E. COLI*.

2.11.1 PROCEDIMIENTO.

A partir de los tubos positivos de LST utilizando para el NMP de coliformes totales, se procedió de la forma siguiente:

Transferir un asa de cultivo a tubos marcados: a) Con medio de caldo lactosado (Anexo 3), y b) otra a tubos con caldo para indol, anotando cada par de que dilución proviene.

Incubar en baño de agua a 45,5 °C de 24 a 48 horas, cuidando de que el nivel del agua sobrepase el nivel del medio en los tubos.

Observar la formación de gas en los tubos con medio de lactosa (EC) y conjuntamente la prueba de indol correspondiente a par. La prueba de indol se realiza añadiendo



0,2ml de reactivo de Erlich y esperar hasta 10 minutos, la aparición de un anillo de color rojo indica la positividad de la prueba.

2.11.2 CÁLCULO DE LOS RESULTADOS Y SU INTERPRETACIÓN

Considerar como coliformes fecales aquellos que muestren positividad en el par de tubos correspondientes a un mismo tubo de LST, así por ejemplo:

De LST de la dilución de 1/10, tubos positivos:

	A	B	C
Gas en EC	(+)	(-)	(+)
Indol	(+)	(+)	(-)

En este caso se considera solamente A como positivo, para realizar la lectura correspondiente en las tablas como se indicó para coliformes totales.

Expresar el resultado como NMP de coliformes fecales por 100ml.

2.12 PRUEBA DE JARRAS

El objetivo fundamental del tratamiento del agua con el sulfato de aluminio como agente coagulante es el de lograr la desestabilización de las partículas coloidales presentes, para removerlas posteriormente por floculación y sedimentación. Sin embargo, la concentración de este compuesto debe ser optimizada debido a que concentraciones residuales superiores a 0,1 mg/l suelen asociarse con precipitación en los sistemas de distribución, así como acarrear problemas en la salud de las personas, por ejemplo casos de disentería. (20)

2.12.1 PROCEDIMIENTO

- Se tomó la muestra de agua cruda, de la planta de potabilización.
- Se fijó los valores de Color, Turbidez y pH del agua cruda.
- Cálculo de las dosis de sulfato de aluminio en mg/l, con diluciones sucesivas, partiendo una solución patrón (10%), para cada una de las jarras. (ANEXO 11)



- Llenado de los vasos de precipitación (jarras) hasta 2000ml, y agitar a velocidad máxima. (ANEXO 6, Fotografía N° 20-21)
- Adición simultáneamente del Coagulante (sulfato de aluminio) a cada contenedor.
- Se agito a máxima velocidad (100 rpm) por 1 minuto. (Mezcla Rápida)
- Reducción de la velocidad a 40 rpm, durante 20 minutos. (Mezcla Lenta)
- Reposo durante quince minutos. (Sedimentación)
- Recogido de un volumen aproximado de 100 ml y filtrado.
- Calcular los valores de Color, pH y Turbidez.
- Finalmente se creó una curva de calibración en la planta de potabilización partiendo de la dosis calculada en este proceso. (ANEXO 7)

2.13 PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO.

El procesamiento matemático se desarrolló en el paquete estadístico SPSS v.11.5 con apoyo de las hojas cálculo de Microsoft Excel 2011.

Para la comparación de las medias de más de dos grupos se empleó el Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA) con un nivel de significación de $P < 0,05$. Esta prueba permitió detectar las diferencias de cada parámetro entre los distintos sectores en forma global (Tabla 3 y 8), mas no indico entre qué sectores particulares se encontraron tales desigualdades.

Para ello se empleó la prueba post hoc de Duncan (Gráfico 1, Tabla8). Esta prueba detecto los grupos homogéneos o que presentan diferencias significativas para un nivel permisible de error tipo I de $P < 0,05$. En esta investigación se utilizó esta prueba para detectar diferencias en el cloro y pH de los distintos sectores.

Para la comparación de medias de dos grupos que fue el caso de todos los parámetros antes y después de la modificar la dosis de sulfato de aluminio se empleó el test T de Student para muestras independientes (Tabla 8). Esta prueba le indica la presencia de diferencias significativas cuando la probabilidad de error tipo I también es menor que 0,05 ($P < 0,05$). Los datos también se analizaron cualitativamente mediante el cálculo del porcentaje de incumplimiento de la norma INEN para la calidad del agua potable, antes y después del tratamiento (Tabla 5)



CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA POTABLE EN LOS SECTORES DE ESTUDIO.

La evaluación previa de los parámetros de calidad del agua potable en los sectores de estudio no mostró diferencias significativas entre las localidades analizadas para casi todos los parámetros físico-químicos y microbiológicos evaluados (tabla 3).

Tabla 3. Caracterización físico-química y microbiológica de las muestras de agua. Se presentan las medias \pm error estándar. Fecha de muestreo: del 18 de Junio al 16 de Julio. (Realizados por los autores).

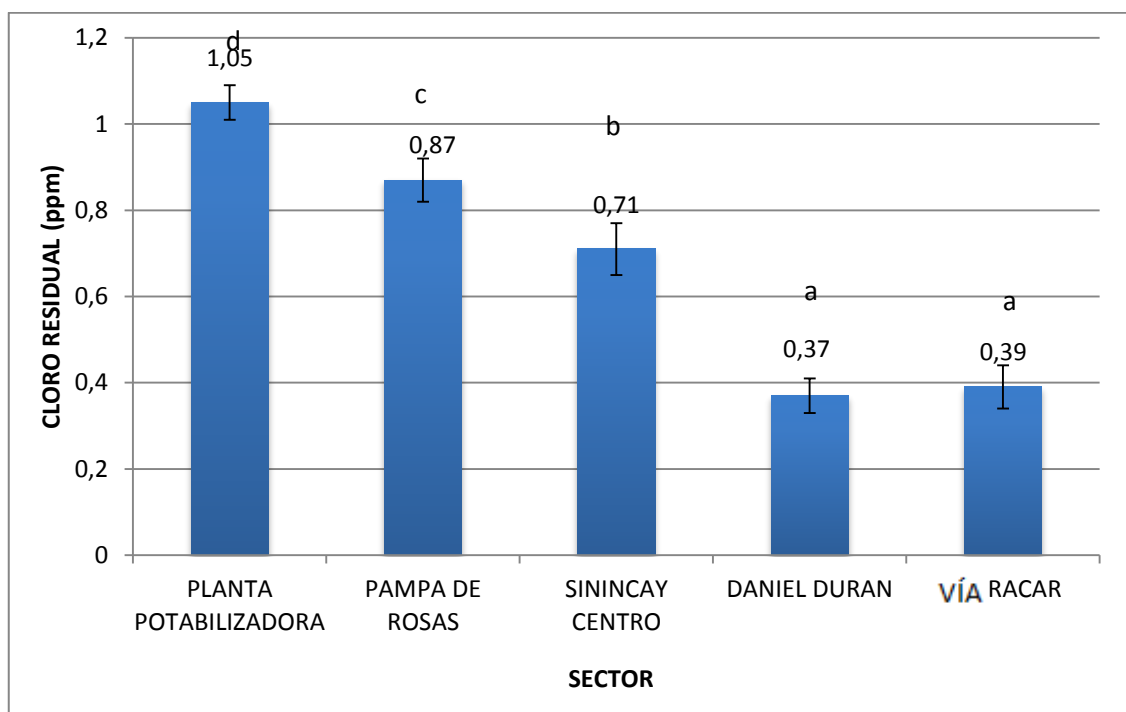
Variable	Sectores					
	<i>Sinincay centro</i>	<i>Daniel Duran</i>	<i>Vía Racar</i>	<i>Planta Potabil.</i>	<i>Pampa de Rosas</i>	P
Color (CU)	10,8 \pm 0,5	11,0 \pm 0,5	10,8 \pm 0,4	11,4 \pm 0,5	11,4 \pm 0,5	0,814
Turbidez (NTU)	4,14 \pm 0,42	4,15 \pm 0,44	4,15 \pm 0,43	4,28 \pm 0,44	4,29 \pm 0,43	0,998
Cloro residual (ppm)	0,71 \pm 0,4	0,37 \pm 0,45	0,39 \pm 0,44	1,05 \pm 0,42	0,87 \pm 0,5	0,978
pH	6,68 \pm 0,13	6,74 \pm 0,15	6,73 \pm 0,15	6,85 \pm 0,14	6,79 \pm 0,12	0,919
Dureza (mg CaCO ₃)	29,30 \pm 1,15	29,65 \pm 1,37	30,40 \pm 1,13	29,80 \pm 1,27	28,95 \pm 1,23	0,940
Conductividad ($\times 10^{-3}$ siemens/m)	7,7 \pm 0,4	8,6 \pm 0,5	7,5 \pm 0,5	7,9 \pm 0,4	7,9 \pm 0,2	0,624
Coliformes totales (NMP)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---
<i>E. coli</i> (NMP)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---

NMP: número más probable.



Solo el cloro residual presentó desigualdad entre los distintos sectores, siendo superior en la planta potabilizadora 1,05 ppm e inferior en los sectores Vía a Racar y Daniel Durán 0,39 ppm y 0,37 ppm respectivamente. (Gráfico 1).

Gráfico 1. Comportamiento del cloro residual en los diferentes sectores de estudio. Se presenta la media de las concentraciones de cloro +/- error estándar de la media. Letras diferentes sobre las medias indican valores diferentes para un nivel de significación menor que 5 % de error. (Realizado por los autores)



Como se observa en el gráfico anterior, la distancia hasta la fuente de abasto de agua potable parece influir negativamente sobre la concentración de cloro residual. En este sentido, los sectores de Vía a Racar y Daniel Durán son las zonas más alejadas de la Planta Potabilizadora (ANEXO 5), siendo incluso las únicas con niveles de cloro por debajo de lo recomendado en la norma INEN 1108: 2011 (ANEXO 10) para agua potable (tabla 4).

El comportamiento del cloro es lógico si se considera la reactividad propia de este compuesto una vez que se disuelve en agua. De esta forma un mayor tiempo de



permanencia el agua potable le permite reaccionar con otras sustancias disueltas o suspendidas como la materia orgánica, microorganismos u otros compuestos inorgánicos y de este modo se reduce su concentración. (21)

Este planteamiento queda apoyado por la fuerte correlación negativa entre la concentración de cloro en cada sector y la turbidez y el color del agua (tabla 6). Esto indica que la concentración de cloro se reduce a medida que es mayor la turbidez y por consiguiente también el color del agua.

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson para las variables Cloro, Color y Turbidez. P: probabilidad de error al rechazar la hipótesis de que el coeficiente de correlación es significativo.

	Color	Turbidez
<i>Cloro Residual</i>	-0,884	-0,930
P	0,046	0,022

La turbidez por su parte fue la que mayores afectaciones mostró, presentando un 50 % de muestras con valores por encima de los establecidos en la norma (ANEXO 10). Le siguen en nivel de significación el color 20% y el pH 10% (tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de incumplimiento de la norma INEN 1108:2011 para agua potable según cada sector. (Realizado por los autores)

SECTOR	PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO (%)			
	COLOR	TURBIEDAD	pH	COLOR
SININCAY CENTRO	10	50	5	0
DANIEL DURAN	20	50	10	30
VÍA RACAR	20	50	10	20
PLANTA POTABILIZADORA	20	50	10	0
PAMPA DE ROSAS	20	40	10	0



Todos los resultados anteriores muestran la necesidad de implementar una intervención urgente que permita sobre todo controlar la turbidez del agua potable en estos sectores. Este aspecto puede controlarse de manera importante optimizando la concentración de agente floculante durante el proceso de potabilización.

3.2 CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE FLOCULANTE DURANTE ESTE PERIODO DE ESTUDIO.

Este experimento buscó optimizar la concentración de sulfato de aluminio en la planta de tratamiento. El uso de la Prueba de Jarras que proporcionó los resultados que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de la concentración de sulfato de aluminio a utilizar en la planta de tratamiento durante este periodo de estudio. (Realizado por los autores)

Dosis de sulfato de aluminio ppm	Turbidez NTU	Color CU	pH
35	86,4	148	6,69
40	79,1	133	6,62
45	98,8	124	6,60
50	55,1	112	6,55
55	47,3	85	6,46
60	48,5	98	6,41

El resultado que se obtuvo mostro que la dosis de 55 mg/l de sulfato de aluminio es la mejor dosis para el periodo en el que se trabajó, relacionando esta dosis con una menor turbidez y color del agua la cual mantiene el pH dentro de los límites considerados normales (ANEXO 6. Fotografía 20 -21).

Algunos autores de trabajos similares sobre determinación de la dosis óptima de este agente coagulante por el ensayo de las Jarras, obtuvieron resultados comprendidos



entre 20 ppm y 52 ppm, ligeramente inferior al reportado acá, aún a valores de turbidez y color similares. (22)

Lo anterior es explicable en parte si se considera que la coagulación es un proceso complejo que depende en gran medida del agente empleado, las características del agua inicial o cruda, el pH de coagulación y condiciones de mezcla y temperatura. Al mismo tiempo se debe tener en cuenta por todo lo anterior, que los resultados dados por la prueba de jarras tienen una gran variabilidad, con un margen de error muy amplio, lo que puede generar confusiones al comparar los valores de diferentes estudios. (23)

La dosis de 55mg/l de sulfato de aluminio facilitó un punto de partida para el diseño de una curva de calibración en la propia planta, en la que se muestran variabilidad de color frente dosis de coagulante a emplear, que para el uso de los operarios se expuso tanto en número de vueltas del dispensador del sulfato de aluminio como en caudal de liberación del mismo.

Posteriormente al trabajo de optimización del sulfato de aluminio y por ende de la unidad de floculación, se procedió a evaluar las propiedades físico-químicas y microbiológicas de los sectores que conforman la Parroquia. Comprobando el impacto de este proceder sobre la calidad del líquido.

3.1.3 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA POTABLE EN LOS DIFERENTES SECTORES DE ESTUDIO DESPUÉS DEL CAMBIO EN LA DOSIS DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

Los resultados después de la intervención muestran que existen diferencias entre los distintos sectores, donde se determinaron los parámetros de calidad especialmente para el cloro y el pH (Tabla 8).



Tabla 7. Características físico-químicas y microbiológicas de las muestras de agua después del cambio de dosis de sulfato de aluminio. Letras diferentes indican medias diferentes para un nivel de significación de $P < 0,05$. (Realizado por los autores)

Variable	Sectores				
	Sinincay centro	Daniel Duran	Vía Racar	Planta Potabil.	Pampa de Rosas
Color (CU)	7,4 \pm 0,4	7,9 \pm 0,3	8,1 \pm 0,3	7,5 \pm 0,4	7,6 \pm 0,4
Turbidez (NTU)	1,69 \pm 0,25	1,77 \pm 0,24	1,70 \pm 0,21	1,67 \pm 0,22	1,63 \pm 0,22
pH	6,44 \pm 0,07a	6,50 \pm 0,05ab	6,52 \pm 0,06ab	6,70 \pm 0,07c	6,69 \pm 0,10c
Cloro (ppm)	0,53 \pm 0,04b	0,35 \pm 0,02a	0,36 \pm 0,02a	1,06 \pm 0,03d	0,78 \pm 0,4c
Dureza (mg CaCO ₃)	30,19 \pm 1,40	32,63 \pm 0,79	31,88 \pm 1,40	28,75 \pm 1,67	28,88 \pm 1,50
Conductividad (x10 ⁻³ siemens/m)	6,2 \pm 0,3	6,3 \pm 0,4	5,9 \pm 0,3	6,2 \pm 0,4	6,4 \pm 0,4
Coliformes totales (NMP)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
E. coli (NMP)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1

Como era de esperar, se mejoraron los indicadores de calidad del agua en todos los sectores, reduciéndose especialmente los valores para los parámetros del color, turbidez y conductividad (Gráficos 2 al 7 y tabla 8). El caso del cloro residual también se redujo en Sinincay Centro, mas todos los valores determinados para este indicador quedaron dentro del rango permisible por la norma INEN 1108:2011, anteriormente citada. Las demás variables analizadas no mostraron diferencias significativas. En casi todos los indicadores la mejoría implicó el 100 % de los datos dentro de valores normales.



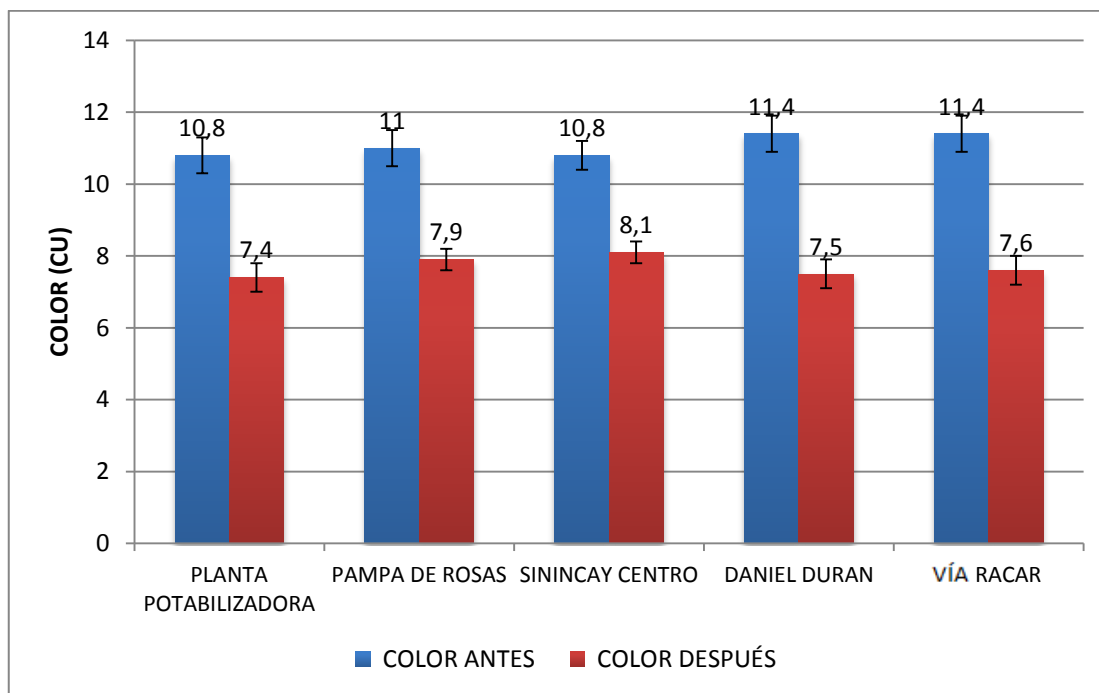
Tabla 8. Comportamiento de la calidad del agua antes y después del tratamiento con una dosis optimizada de sulfato de aluminio. Se presentan las medias. (Realizado por los autores)

Variable	Sector									
	<i>Sinincay Centro</i>		<i>Daniel Duran</i>		<i>Vía a Racar</i>		<i>Planta Potabilizadora</i>		<i>Pampa de Rosas</i>	
	<i>Antes</i>	<i>Después</i>	<i>Antes</i>	<i>Después</i>	<i>Antes</i>	<i>Después</i>	<i>Antes</i>	<i>Después</i>	<i>Antes</i>	<i>Después</i>
pH	6,68	6,44	6,74	6,50	6,73	6,52	6,85	6,70	6,79	6,70
Cloro (ppm)	0,71	0,53*	0,37	0,35	0,39	0,36	1,05	1,06	0,87	0,78
Color (CU)	10,8	7,4	11,0	7,9	10,8	8,1	11,4	7,5	11,4	7,6
Dureza (mg CaCO₃)	29,30	30,19	29,65	32,63	30,40	31,88	29,80	28,75	28,95	28,87
Turbiedad (NTU)	4,14	1,69	4,15	1,77	4,15	1,70	4,28	1,67	4,29	1,63
Coliformes totales (NMP)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
<i>E. coli</i> (NMP)	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1

* Diferencias significativas para $P < 0,05$.



Gráfico 2. Comportamiento del color del agua potable en los diferentes sectores de estudio antes y después del tratamiento. En todos los casos se redujo el color del agua potable para $P < 0,05$. (Realizado por los autores)

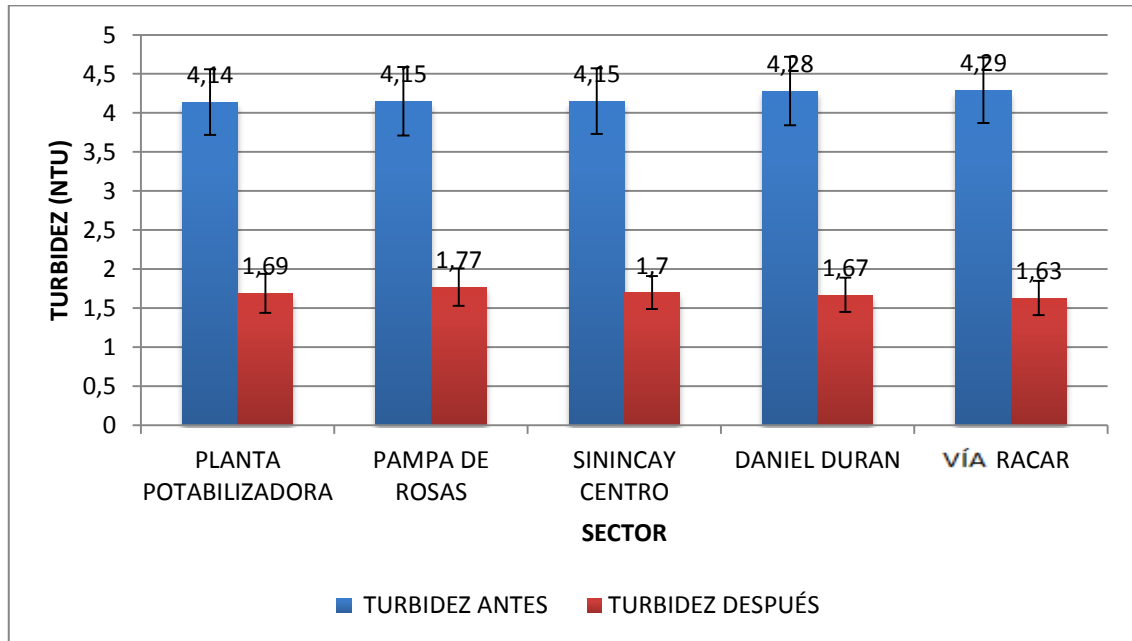


La mejoría del color se observó también al analizar el comportamiento de este parámetro en el tiempo de estudio. En este caso hubo una notable disminución después de la introducción de la optimización de la dosis de sulfato de aluminio, cayendo todos los valores medidos dentro del rango deseado (ANEXO 10, Gráfico 5).

La turbidez también mejoró considerablemente en todos los sectores de muestreo Gráfico 3. De esta forma se logró controlar la turbidez en todos los casos a valores normales (ANEXO 10, Gráfico 6).



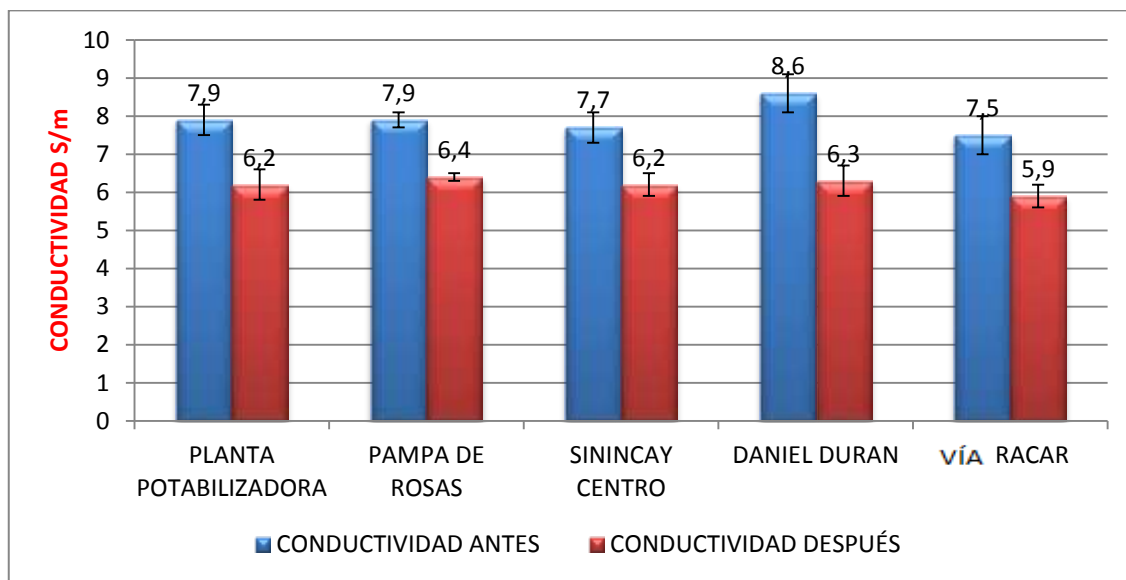
Gráfico 3. Comportamiento de la turbidez del agua potable en los diferentes sectores de estudio antes y después del tratamiento. Se presenta la media de la turbidez. En todos los casos se redujo la turbidez del agua potable para $P < 0,05$. (Realizado por los autores)



Algo similar a las variables anteriores sucedió también con la conductividad eléctrica (ANEXO 10, Gráfico 4 y 7).



Gráfico 4. Comportamiento de la conductividad eléctrica del agua potable en los distintos sectores de estudio antes y después del tratamiento. En todos los casos se redujo la conductividad eléctrica del agua potable para $P < 0,05$. (Realizado por los autores)



Si bien el valor medio del pH no mostró diferencias significativas antes y después del tratamiento, si se debe notar que la variabilidad de esta se redujo posteriormente al tratamiento, para así no registrarse ningún valor fuera del rango establecido (ANEXO 10, Gráfico 8).

Para las demás variables estudiadas no se registró ningún elemento significativo (ANEXO 10, Gráficos 9 y 10).

Como se mencionó anteriormente, el efecto del sulfato de aluminio en la coagulación de macropartículas coloidales y de otros compuestos químicos depende de muchos factores.

De especial interés por ejemplo, en aguas con baja turbiedad la dosis óptima de sulfato de aluminio está muy afectada por el pH, lo que conduce a diferentes mecanismos de coagulación y partículas a remover. (24)

Se debe recalcar que solo se detectaron incumplimientos para la conductividad fundamentalmente con valores por debajo del rango establecido en las normas consultadas para agua potable. Esto no se considera generalmente un problema para



la salud, puesto que una menor conductividad indicaría una menor concentración de iones móviles que conducen la corriente eléctrica en la disolución.

Luego, el resultado anterior pudiera estar sugiriendo que producto de la intervención con una dosis óptima de agente coagulante reduce las impurezas inorgánicas del agua de consumo fundamentalmente en las zonas alejadas con posibles riesgos. Esto es algo ya notado por algunos autores en trabajos previos indicándose la capacidad que tiene el sulfato de aluminio de eliminar fundamentalmente iones inorgánicos y orgánicos con carga negativa. (25) (26) (27)

Tabla 9. Porcentaje de incumplimiento de la norma INEN 1108:2011 para agua potable según cada sector luego de cambiar la dosis de sulfato de aluminio. (Realizado por los autores)

SECTOR	PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO (%)			
	COLOR	TURBIEDAD	pH	COLORO
<i>SININCAY CENTRO</i>	0	0	0	0
<i>DANIEL DURAN</i>	0	0	0	0
<i>VÍA RACAR</i>	0	0	0	0
<i>PLANTA POTABILIZADORA</i>	0	0	0	0
<i>PAMPA DE ROSAS</i>	0	0	0	0



4. CONCLUSIONES

- ❖ Los sectores Daniel Durán y Vía a Racar son las más afectadas por las deficiencias en la calidad del agua potable. Los principales parámetros que afectan la calidad del agua de estos sectores son la turbidez, el color (en mayor grado) y la concentración de cloro residual.

Los cuales presentaron un porcentaje de incumplimiento de la norma INEN 1108:2011 del 50% para turbidez y un 20% para el color en los dos sectores, mientras que el cloro residual presentó un porcentaje de incumplimiento del 30% para Daniel Durán y un 20 % para el sector Vía a Racar.

- ❖ La aplicación del tratamiento coagulante con la nueva dosis encontrada mejoró la calidad del agua potable en todos los sectores de la Parroquia Sinincay estudiados, mostrando un porcentaje de incumplimiento de la norma INEN 1108:2011 de cero para turbiedad, color, cloro, pH, conductividad, dureza, coliformes totales y fecales.
- ❖ Tanto la calidad microbiológica y físico-química del agua potable de la Parroquia Sinincay, cumple con la norma INEN 1108; 2011, después de la optimización realizada en la planta de potabilización.



5. RECOMENDACIONES.

- ❖ Se recomienda la realización de un estudio más amplio en el que se evalúe también la concentración de sulfatos en el agua potable de las viviendas de la Parroquia Sinincay.
- ❖ Realizar un mantenimiento y monitoreo permanente del dosificador de sulfato de aluminio y con ello mantener la unidad de floculación siempre con un funcionamiento adecuado.
- ❖ Dar un seguimiento más amplio a la modificación realizada en la planta de potabilización para de esta forma continuar mejorando la calidad de agua de la Parroquia Sinincay.



BIBLIOGRAFÍA

1. **OMS.** Guías para la calidad del agua potable. [En línea] 2004. Volumen 1.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq.pdf.
2. **FRANK, N., J. KEMMER, J. MCCALLION, M. ESPINOZA.** *Manual de agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones.* [ed.] McGraw-Hill. México : Isbm 968, 1992. pág. 1.
3. **DERGAL, S.** *Química de Alimentos.* [ed.] Enrique Quintanar Daurte. Cuarta. México : Grupo Hernandez S.A de C.V, 2006. págs. 1-12.
4. **ENCICLOPEDIA.** Encarta2009. *El agua.* 2009.
5. **MARÍN, R.** *Físicoquímica y Microbiología de los medios acuático Tratamiento y Control de Calidad de Aguas.* Madrid : Díaz de Santos, S.A., 2003. págs. 75-89.
6. **ROJAS, JA.** *Calidad de Aguas.* Segunda. s.l. : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006. págs. 19-222.
7. **HAYES, PR., FORSYTHE, SJ.** *"Microbiología, higiene de alimentos, HACCP.* Segunda. s.l. : Acribia, S.A., 2005. págs. 63-64.
8. **INEN.** *Instituto Ecuatoriano de Normalización.* 1981. pág. 2.
9. **GOMELLA, H., GUERREE, C.** *Tratamientos de Aguas para abastecimiento público.* [ed.] S.A. Editores técnicos asociados. Primera. París : Editions eyrolles, 1977. págs. 31-32.
10. **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.** *Guía para la Calidad de Agua Potable.* Washintong : Guidelines for drinking-water quqlity, 1998. págs. 36-37.
11. **INEN.** Instituto Ecuatoriano de Normalización 977. *AGUA POTABLE DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE MÉTODO DE LA DPD FERROSO.* 15 de Enero de 1980. pág. 2.
12. **ROJAS, J.** *Purificación del Agua.* México : Alfaomega, 2000. pág. 23.
13. **Cuenca, Concejo Cantonal.** Ordenanza que Sanciona el Plan de Sinincay. (s.f.). [En línea]
<http://www.cuenca.gov.ec>.
14. **INEN.** Agua Potable Requisitos. Primera *NTE INEN 1108:2011.* Quito, ECUADOR : s.n., JUNIO de 2011. Cuarta Revisión.
15. *Parámetros Físicoquímicos.* **RODRIGUEZ, O.** Septiembre de 2009, Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica, Vol. 9, págs. 128-130.
16. **PAUTA, G.** *Manual de Teoría y Prácticas de Análisis de Aguas.* Cuenca : s.n., 2008. pág. 1.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

17. **HACH, COMPANY.** Manual de Análisis de Agua. Tercera *Water Analysis Manual-Spanish*. Colorado, EEUU : s.n., 2000.
18. **INEN.** INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *NTE INEN 974*. 04 de Noviembre de 1981. pág. 2.
19. **ASTUDILLO, A.** *Microbiología e higiene de alimentos, Manual de prácticas*. Cuenca : s.n., 2007. págs. 35-44.
20. **Castrillon Bedoya, D y Giraldo, MA.** *Determinación de dosis óptimas del coagulante Sulfato de Aluminio*. 2012. pág. 103.
21. **CASTRILLON, D.,M.GIRALDO.** *Determinación de dosis óptimas del coagulante Sulfato de Aluminio*. 2012. pág. 103.
22. **RESTREPO, H.** *Evaluación del proceso de Coagulación-Floculación de Planta de Tratamiento*. Bogotá : s.n., 2009. pág. 109.
23. **LOPEZ, J.,E.González,E.LARREA,D.REZZANO.** *La dualidad entre dosis óptima y calidad del agua cruda en proceso de floculación*. Punta del Este : s.n., 2006. pág. 8. XXX Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria.
24. **LEDÓ, P.,J.PAULO,M.DUARTE.** *Estudio comparativo del Sulfato de Aluminio*. 2009. págs. 3-12.
25. **BARBATUNDE, A.,Y.ZHAO,A.BURKE,J.HANRAHAN.** *Characterization of aluminum-based water treatment residual for potential phosphorous removal in engineered wetlands*. 2009. pág. 157.
26. **SRINIVASAN, P y T.VIRARAGHAVANT.** *Characterization and concentration profile of aluminium during drinking-water treatment*. 2002. págs. 99-107.
27. **LEE, W y P.WESTERHOFF.** *Dissolved organic nitrogen removal during water treatment by aluminum sulfate and cationic polymer coagulation*. s.l. : Water Res, 2006. pág. 74.

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXOS

ANEXO 1: PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO CALDO LAURIL SULFATO TRIPTOSA.

COMPOSICIÓN	g/l
Triptosa peptona	20,0
Lactosa	5,0
Fosfato monopotásico	2,75
Fosfato dipotásico	2,75
Cloruro de sodio	5,0
Laurilsulfato de sodio	0,1

PREPARACIÓN:

Suspenda 35,6 g del polvo en 1l de agua purificada. Mezclar bien. Caliéntelo un poco para disolver por completo el polvo. Dispénselo en tubos que contengan viales de fermentación invertidos. Autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Enfríe el caldo tan pronto como sea posible. Analice muestras para verificar su funcionamiento usando cultivos de control y estables. Para el análisis de muestras fluidas como el agua, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1ml y 0,1 ml en caldo simple concentración.

Fuente: <http://www.britanlalab.com.ar/esp/productos/b02/lauril.htm>

(Visitado el 16-Jun-2013)

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



ANEXO 2: PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO E.C.

COMPOSICIÓN	g/l
Triptosa	20,0
Lactosa	5,0
Sales biliares N° 3	1,9
Fosfato dipotásico	4,0
Fosfato monopotásico	1,5
Cloruro de sodio	5,0

PREPARACIÓN:

Suspender 37,4 g del medio en un litro de agua destilada. Calentar hasta su total disolución. Distribuir en tubos de ensayo que contengan campanas de Durham. Esterilizar en autoclave durante 15 minutos a 121 °C. El pH final: $6,9 \pm 0,2$. La siembra para análisis de muestras fluidas como el agua, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1 ml y 0,1 ml en caldo de simple concentración. Para recuento de coliformes totales, técnica del Número Más Probable. Para el análisis de muestras fluidas como el agua, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1ml y 0,1 ml en caldo simple concentración

Fuente: <http://www.britanlalab.com.ar/esp/productos/b02/ecmedio.htm>

(Visitado el 16-Jun-2013)

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



ANEXO 3: PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO SIM.

COMPOSICIÓN	g/l
Triptosa	20,0
Peptona	6,1
Sulfato de hierro y amonio	0,2
Trisulfato de sodio	0,2
Agar	3,5

PREPARACIÓN:

Suspender 30 g del polvo por litro de agua destilada. Mezclar hasta disolver; calentar agitando y hervir durante un minuto. Distribuir unos 4 ml en tubos de hemolisis y esterilizar en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Solidificar en posición vertical. pH final: $7,3 \pm 0,2$. A partir de un cultivo de 18 – 24 horas en medio sólido, sembrar por punción profunda con aguja de inoculación recta (no usar ansa con anillo). Se debe inocular el centro del tubo y la punción debe abarcar 2/3 de profundidad del medio de cultivo desde superficie. Es importante que la siembra se realice en línea recta.

Fuente: <http://www.britanlalab.com.ar/esp/productos/b02/simedio.htm>

(Visitado el 16-Jun-2013)



ANEXO 4: PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO AGAR EMB.

COMPOSICIÓN	g/l
Peptona	10,0
Lactosa	5,0
Sacarosa	5,0
Fosfato dipotásico	2,0
Agar	13,5
Eosina	0,4
Azul de metileno	0,065

PREPARACIÓN:

Suspender 36 g de polvo en un litro de agua destilada. Reposar 5 minutos; mezclar, calentando a ebullición durante 1 o 2 minutos hasta disolución. Esterilizar en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Enfriar a 45 °C y distribuir agitando suavemente. Verter en cajas Petri aproximadamente 20 ml en cada una. pH final: $7,2 \pm 0,2$. La siembra se realiza en superficie, por estriado a partir de un inóculo poco denso, para obtener colonias aisladas.

Fuente: <http://www.britanlalab.com.ar/esp/productos/b02/embagar.htm>

(Visitado el 16-Jun-2013)

Autores:

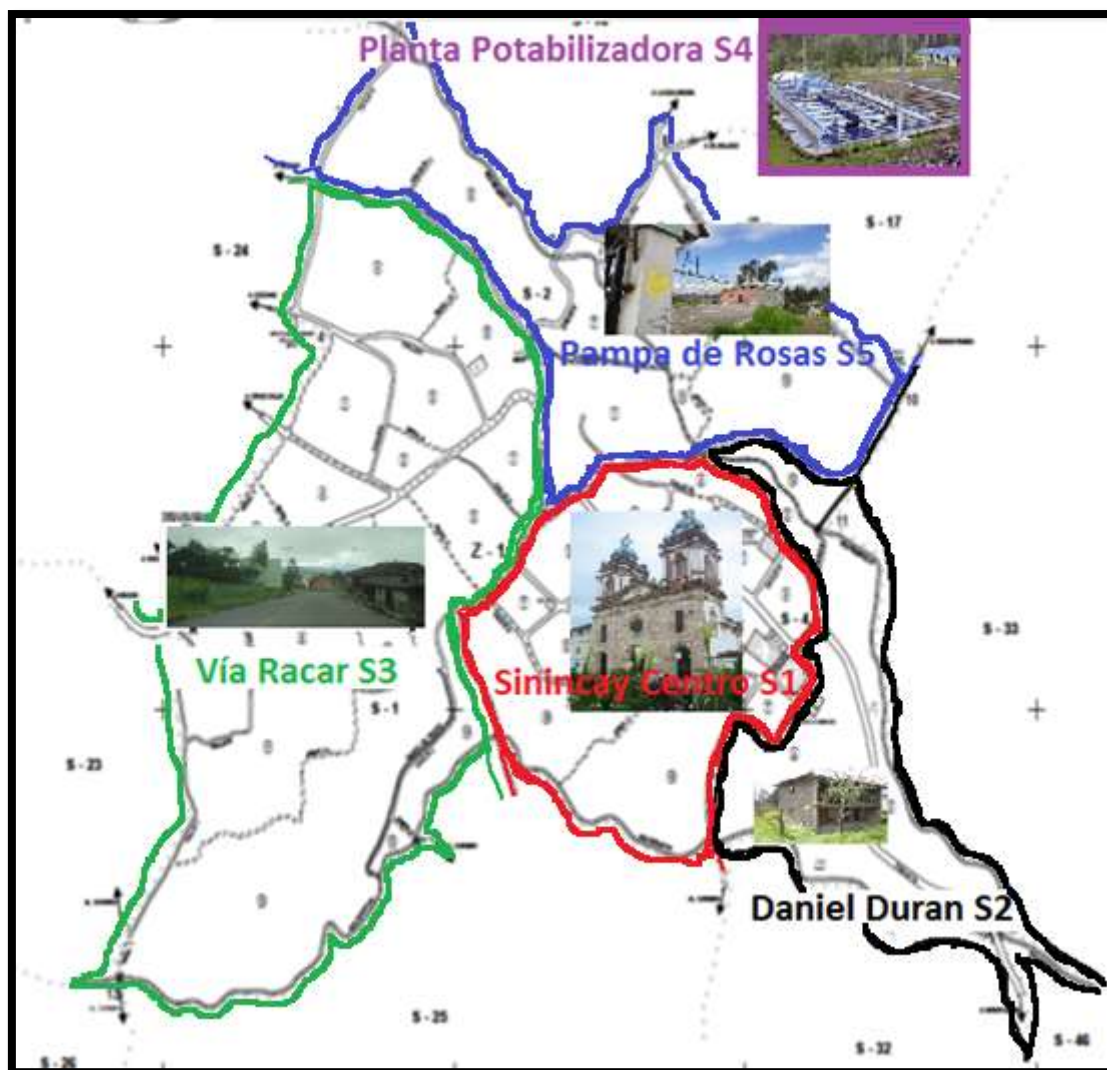
José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 5: CROQUIS DE LA PARROQUIA SININCAY DONDE SE MUESTRA LOS SECTORES EN LOS CUALES SE REALIZARON LOS ANÁLISIS.



Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 6: RESPALDO FOTOGRÁFICO

➤ FOTOGRAFÍAS DE LA PLANTA DE POTABILIZACIÓN SININCAY:



Fotografía N° 1. Vertedero de agua cruda.



Fotografía N° 2. Dosificador de sulfato de aluminio y mezcla rápida.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Fotografía N° 3. Unidad de floculación y dosificador de sulfato de aluminio.



Fotografía N° 4. Unidad de floculación, dosificador de sulfato de aluminio y polímero.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Fotografía N° 5. Unidad de floculación, sedimentación y tanques de filtración.



Fotografía N° 6. Tanques de reserva de agua potable.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

➤ **FOTOGRAFÍAS DE TOMA DE MUESTRA:**



Fotografía N° 7. Desinfección del grifo.



Fotografía N° 8. Flameo del grifo.



Fotografía N° 9. Corrida de agua para la toma de muestra.



Fotografía N° 10. Cooler para transporte y conservación de la muestra.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

➤ **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**



Fotografía N° 11: Transporte de muestras. en frascos estériles y en Cooler.



Fotografía N° 12. Muestras numeradas por sector.



Fotografía N° 13. Siembra en tubos con LST simple y doble concentración.



Fotografía N° 14. Incubadora con tubos LST.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

➤ **ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO.**



Fotografía N° 15. Turbidímetro HACH para color y turbiedad.

Fotografía N° 16. Conductidímetro



Fotografía N° 17. Colorímetro de bolsillo HACH. junto a grifo.



Fotografía N° 18. Colorímetro para medir cloro in situ

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Fotografía N° 19.Equipo y reactivos para determinación de la Dureza Total.



Fotografía N° 20. Equipo de jarras Phipps and Bird cargado (planta de Tixan),



Fotografía N° 21. Equipo de jarras Phipps and Bird cargado. Se nota un poco de sedimentación.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



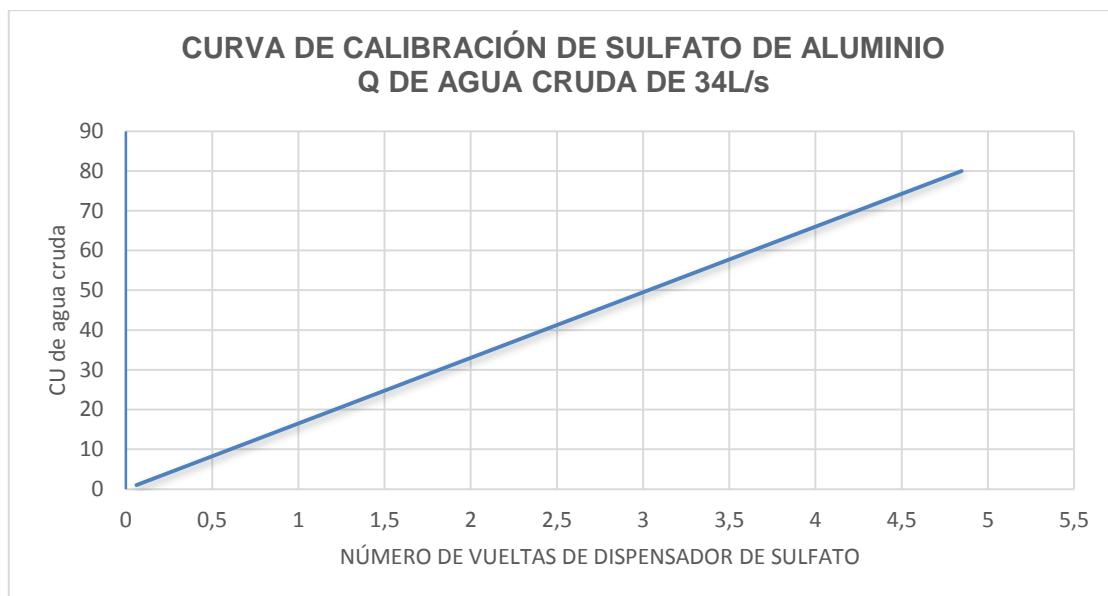
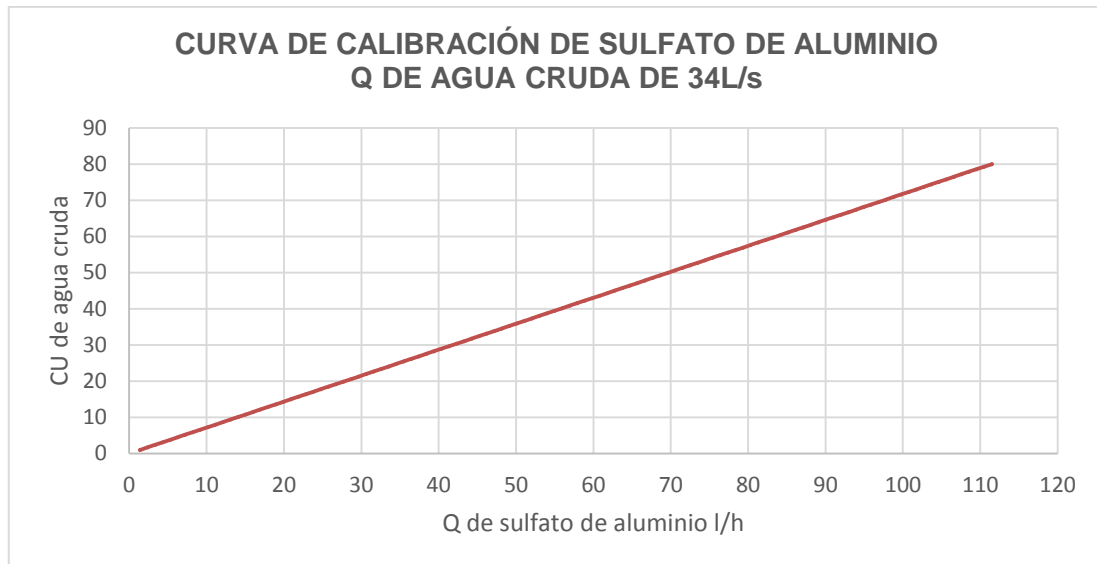
Fotografía N° 22. Autoclave



Fotografía N° 23. Autoclave cargado con frascos para su esterilización.



ANEXO N° 7. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO





ANEXO 8. NORMA INEN 1108:2011.

AGUA POTABLE. REQUISITOS

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3. DEFINICIONES

3.1 Agua Potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.2 Agua Cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características.

3.3 Límite máximo permisible. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.

3.4 UFC/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.5 NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica a la técnica de los Tubos múltiples.

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



3.6 µg/l. (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.7 mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.8 Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

3.9 Pesticidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

3.10 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

3.11 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

3.12 Radio nucleído. Nucleídos radiactivos, nucleídos conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másica A.

3.13 MBAS, ABS. Sustancias activas al azul de metileno. Alquil Benceno Sulfonato.

3.14 Cloro Residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.15 Dureza total. Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.



3.16 Sólidos totales disueltos. Fracción filtrable de los sólidos que corresponden a los sólidos coloidales y disueltos.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100 UFC/ml.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos Específicos

5.1.1 el Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación.

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permisible
Características físicas		
Color	CU	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	----	No objetable
Sabor	----	No objetable
pH	----	6,5 – 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000
Inorgánicos		
Aluminio. Al	mg/l	0,25

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Amonio. (N.NH ₃)	mg/l	1,0
Antimonio. Sb	mg/l	0.005
Arsénico. As	mg/l	0.01
Bario. Ba	mg/l	0.07
Boro. B	mg/l	0.3
Cadmio. Cd	mg/l	0.003
Cianuros. CN	mg/l	0.0
Cloro libre residual*	mg/l	0.3 - 1.5
Cloruros. Cl	mg/l	250
Cobalto. Co	mg/l	0.2
Cobre. Cu	mg/l	1.0
Cromo. Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0.05
Dureza total. CaCO ₃	mg/l	300
Estaño. Sn	mg/l	0.1
Flúor. F	mg/l	1.5
Fósforo. (P PO ₄)	mg/l	0.1
Hierro. Fe	mg/l	0.3
Litio. Li	mg/l	0.2
Manganeso. Mn	mg/l	0.1
Mercurio. Hg	mg/l	0.0
Níquel. Ni	mg/l	0.2

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Nitratos.	mg/l	10
Nitritos.	mg/l	0.0
Plata. Ag	mg/l	0.05
Plomo. Pb	mg/l	0.01
Potasio. K	mg/l	20
Selenio. Se	mg/l	0.01
Sodio. Na	mg/l	200
Sulfatos. SO ₄	mg/l	200
Vanadio. V	mg/l	0.1
Zinc. Zn	mg/l	3
Radiactivos		
Radiación total**	Bq/l	0.1
Radiación total***	Bq/l	1.0
Orgánicos		
Tensoactivos ABS (MBAS)	mg/l	0.0
Fenoles	mg/l	0.0

*Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

**Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ²¹⁰Po,

²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁸Pu.

*** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra.

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes totales (1) NMP/100ml	< 1,1 *
Coliformes fecales NMP/100ml	< 1,1*
Criptosporidium, número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambia, número de quistes/100 litros	ausencia

< 1,1 * significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20cm³ ninguno es positivo.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición.



ANEXO 9: PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA DETERMINACIÓN DE LA DUREZA

Reactivos:

Solución inhibidora. Pesar 3,7g de sulfuro de sodio pentahidratado $\text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y disolver en agua destilada hasta completar 100 cm^3 . (18)

Solución tampón. Se disuelve 16,9 g de cloruro de amonio NH_4Cl , con 143 cm^3 de hidróxido de amonio concentrado NH_4OH , se agregan 1,25 g de la sal de magnesio de EDTA y se diluyen a 250 cm^3 con agua destilada. (18)

Eriocromo negro T. Ácido I-(1 hidroxido-2naftilazo)-5nitro-2naftol 4 sulfónico (sal sódica) (18)

Solución 0,02 N de EDTA. ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). sal disódica del ácido etilendiaminotetracético. Titulada con solución patrón de calcio; 1 cm^3 de solución debe corresponder a 1mg de carbonato de calcio. (18)

Solución de carbonato de calcio 0,02N. Para valoración de la solución de EDTA. (18)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 10 GRÁFICOS COMPORTAMENTALES DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS DURANTE EL TIEMPO DE ESTUDIO

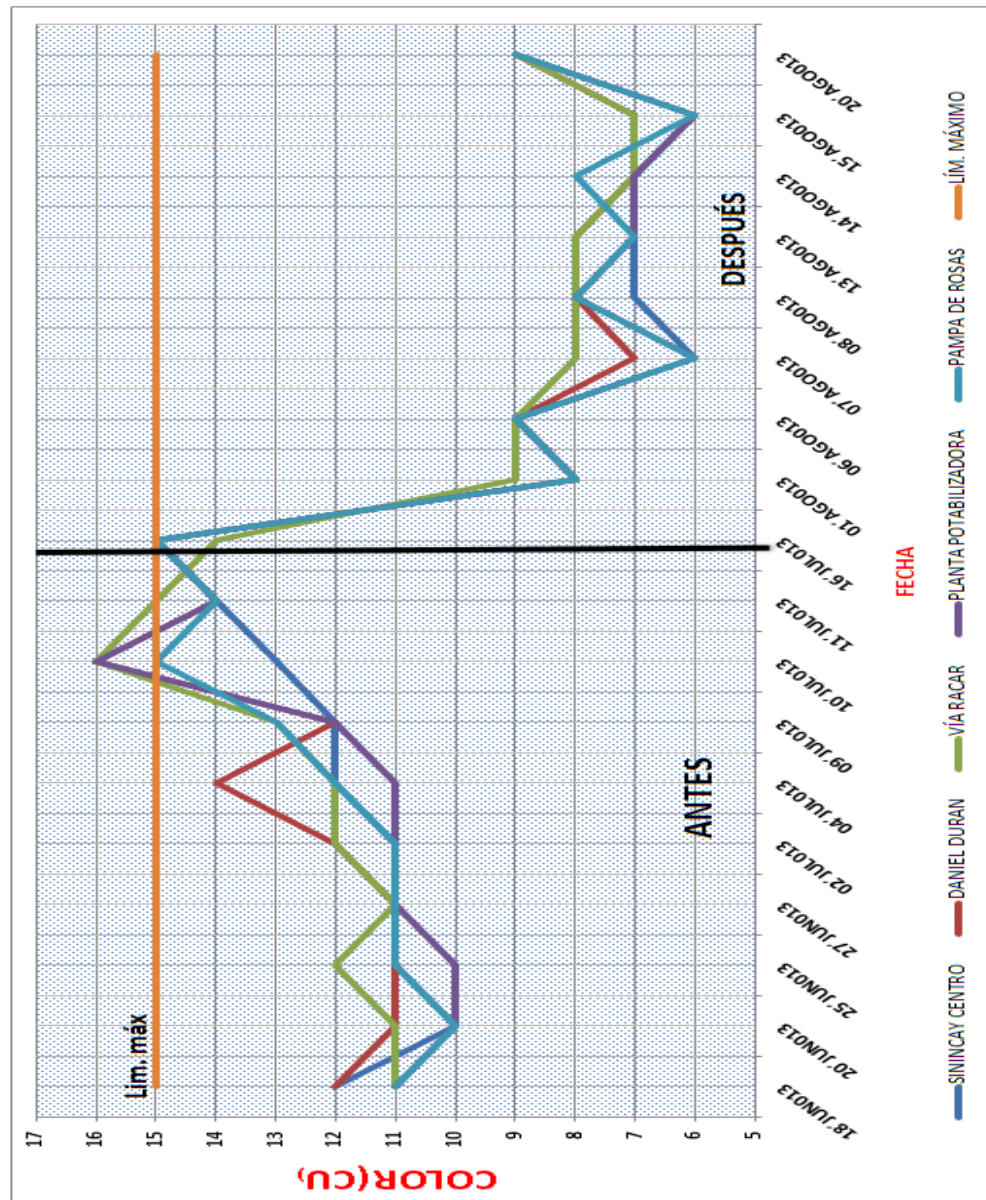


Gráfico 5. Comportamiento del indicador Color del agua, durante el estudio. La línea divisoria representa los momentos antes y después de la intervención con el coagulante.

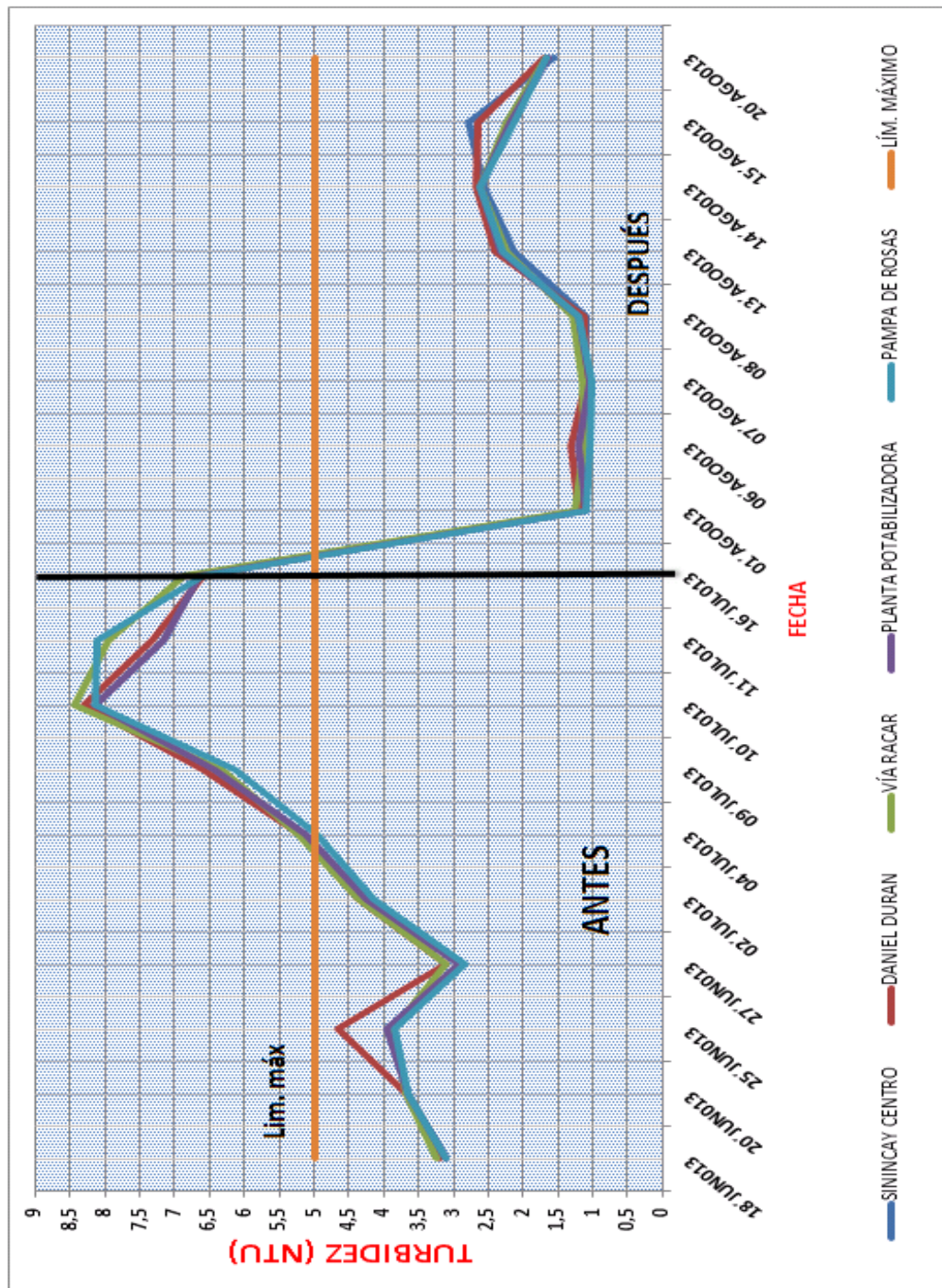


Gráfico 6. Comportamiento del indicador TURBIDEZ del agua, durante el estudio. La línea divisoria representa los momentos antes y después de la intervención con el coagulante.

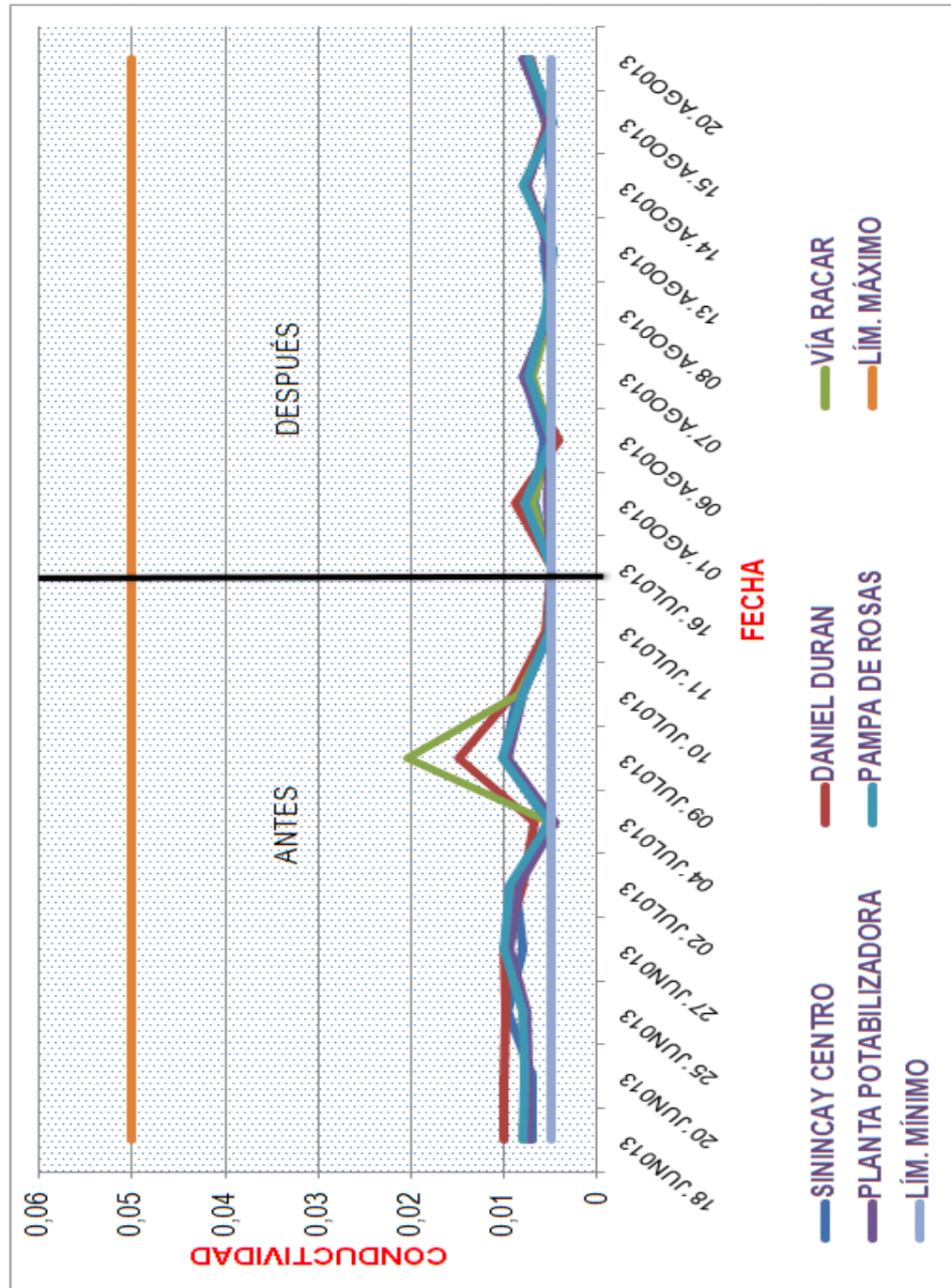


Gráfico 7. Comportamiento del indicador CONDUCTIVIDAD del agua, durante el estudio. La línea divisoria representa los momentos antes y después de la intervención con el coagulante. (Realizado por los autores)

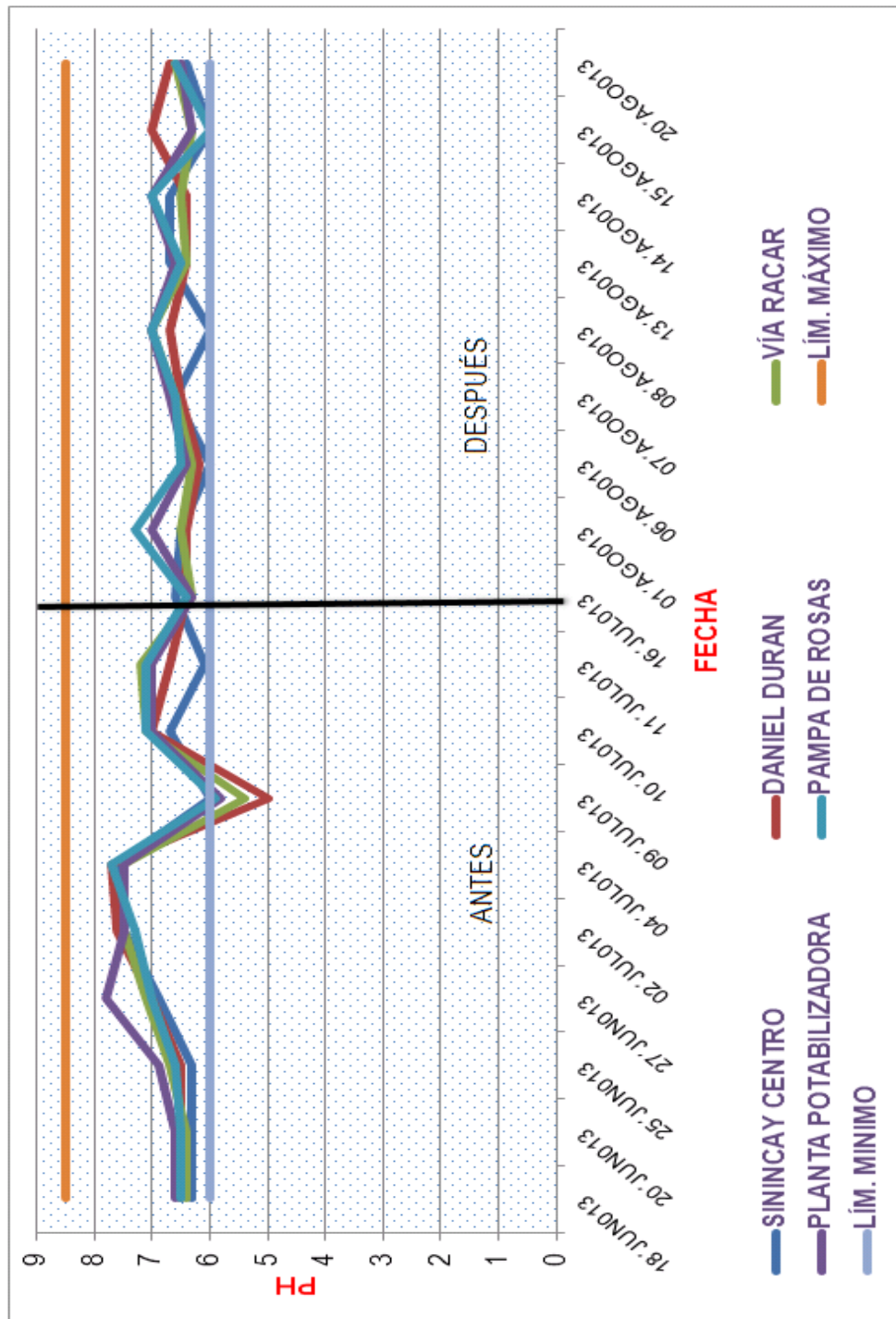


Gráfico 8. Comportamiento del indicador pH del agua, durante el estudio. La línea divisoria representa los momentos antes y después de la intervención con el coagulante. (Realizado por los autores)

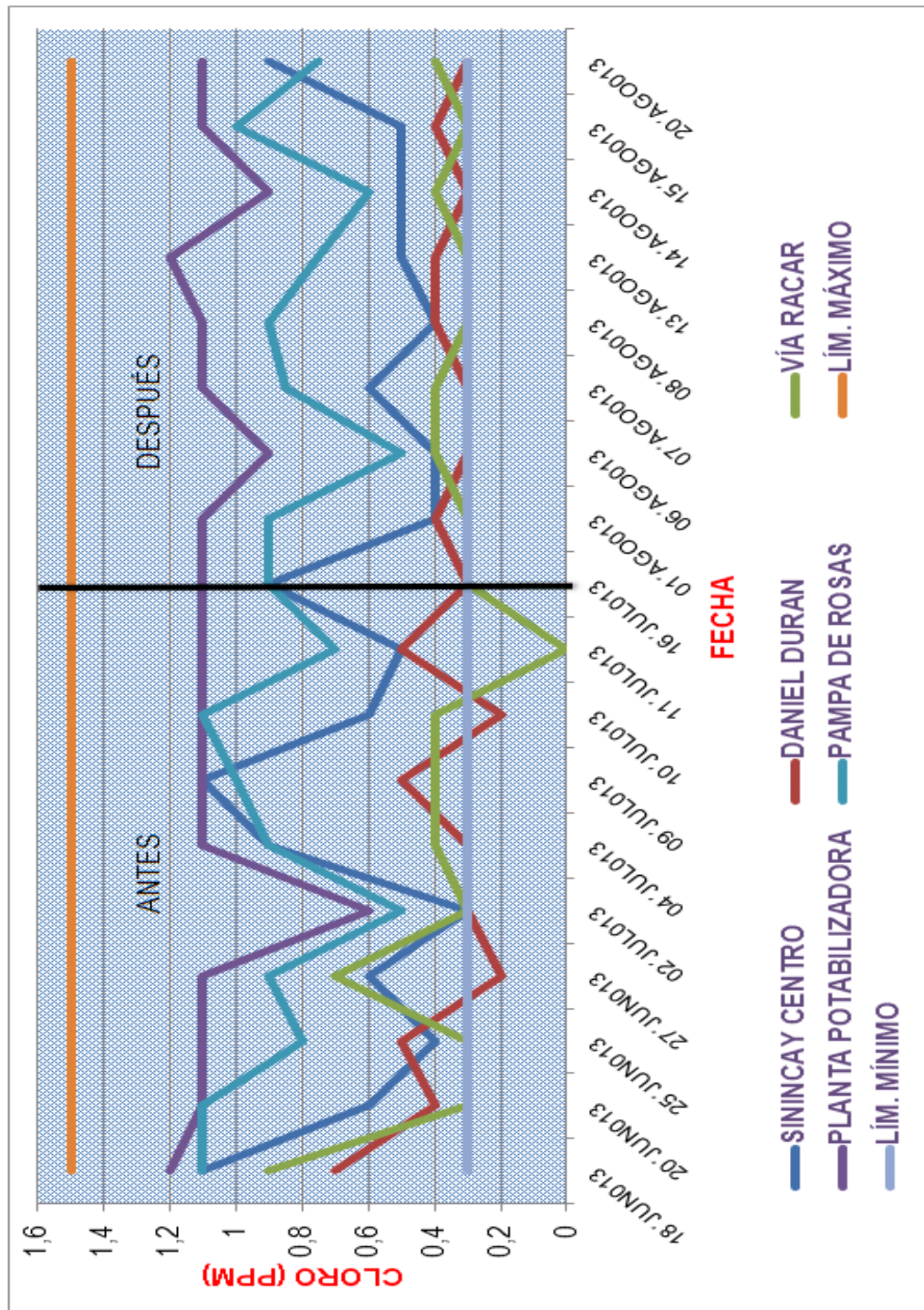


Gráfico 9. Comportamiento del indicador CLORO RESIDUAL del agua, durante el estudio. La línea divisoria representa los momentos antes y después de la intervención con el coagulante. (Realizado por los autores)

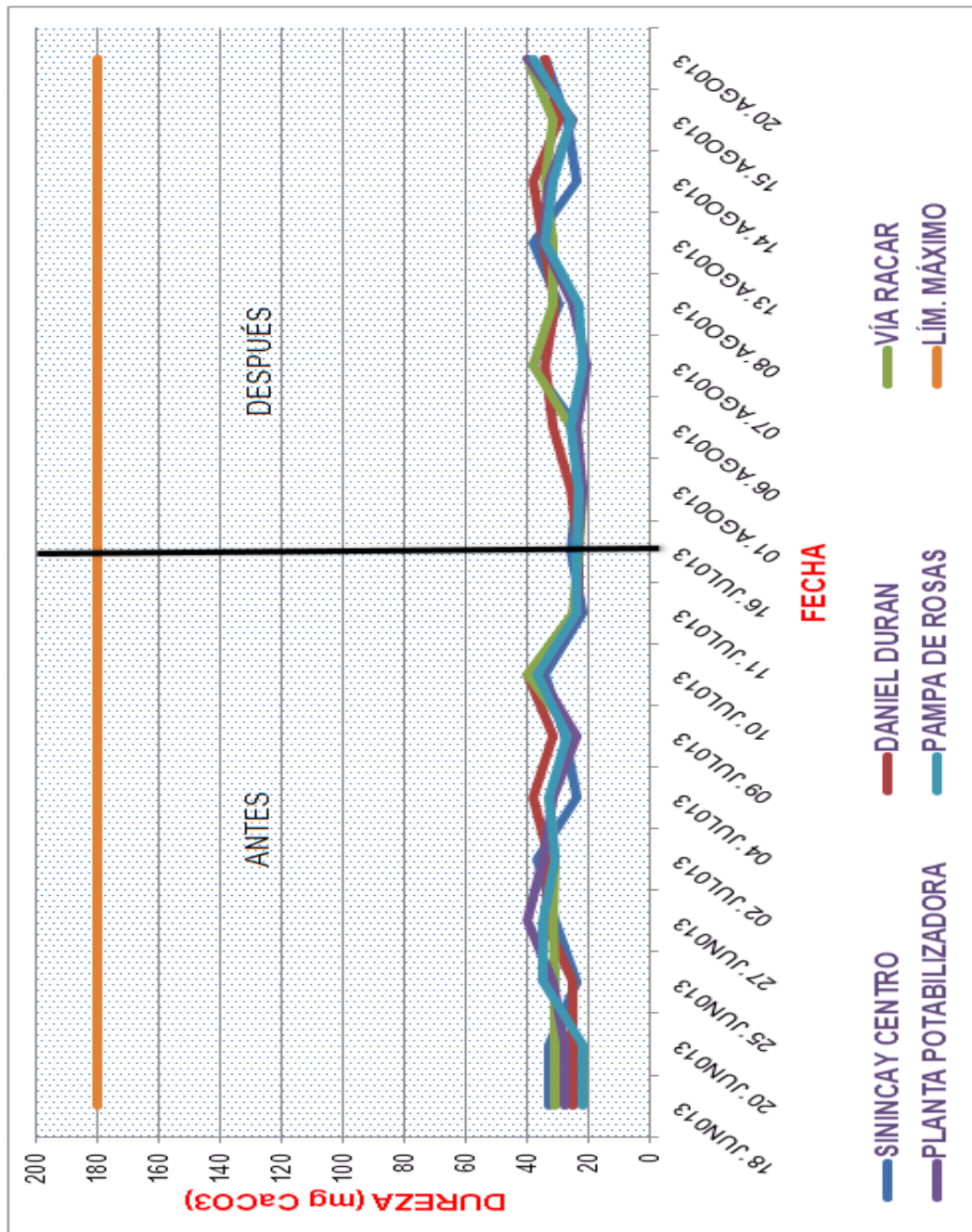


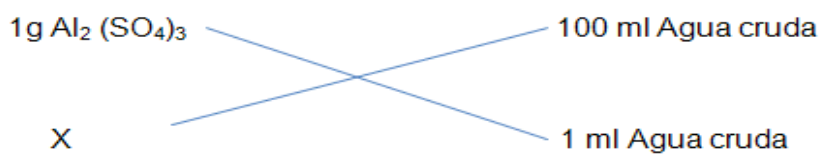
Gráfico 10. Comportamiento del indicador DUREZA del agua, durante el estudio. La línea divisoria representa los momentos antes y después de la intervención con el coagulante. (Realizado por los autores)



ANEXO 11. PREPARACIÓN DE DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO (mg/l).

Trabajar con sulfato de aluminio al 10%.

Preparación de la Solución Madre 1%.



$$1 \text{ ml} = 0,01 \text{ g } Al_2(SO_4)_3 = 10 \text{ mg } Al_2(SO_4)_3$$

Luego. Al tomar 2ml, 3ml, 4ml, 5ml, 6ml, etc. de la solución madre, para pruebas de Jarras tenemos:

Alícuotas	Agua cruda	mg/l $Al_2(SO_4)_3$
2ml (20mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	20 mg/l
2,5ml (25 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	25 mg/l
3ml (30 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	30 mg/l
3,5ml (35 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	35 mg/l
4ml (40 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	40 mg/l
4,5ml (45 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	45 mg/l
5 ml (50 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	50 mg/l
5,5 ml (55 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	55 mg/l
6 ml (60 mg $Al_2(SO_4)_3$)	1000ml	60 mg/l



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 12. ÍNDICE DE NMP PARA MICROORGANISMOS COLIFORMES.

NUMERO DE TUBOS POSITIVOS EN CADA DILUCION			NMP POR GRAMO O cm^3	LIMITES DE CONFIANZA DEL 95%		CATEGORIA
DILUCION 10^{-1}	DILUCION 10^{-2}	DILUCION 10^{-3}		INFERIOR	SUPERIOR	
0	0	0	0	-	-	-
0	0	1	3	0,5	9	3
0	1	0	3	0,5	13	2
1	0	0	4	0,5	20	1
1	0	1	7	1	21	3
1	1	0	7	1	23	2
1	1	1	11	3	36	4
1	2	0	11	3	36	3
2	0	0	9	1	36	1
2	0	1	14	3	37	3
2	1	0	15	3	44	2
2	1	1	20	7	89	4
2	2	0	21	4	47	3
2	2	1	28	10	150	4
3	0	0	23	4	120	1
3	0	1	39	7	130	2
3	0	2	64	15	380	4
3	1	0	43	7	210	1
3	1	1	75	14	230	2
3	1	2	120	30	380	3
3	2	0	93	15	380	1
3	2	1	150	30	440	2
3	2	2	210	35	470	3
3	3	0	240	36	1 300	1
3	3	1	460	71	2 400	1
3	3	2	1 100	150	4 800	1

Fuente: <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/1529-6.pdf>

(Visitado el 16-Jun-2013)

Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 13. CERTIFICACIÓN DE TRABAJO REALIZADO EN LA EMPRESA ETAPA



ING. JOSEPH MOLINA LEÓN SUBGERENTE DE GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE CUENCA, ETAPA EP, a petición verbal de parte interesada,

C E R T I F I C A

Que, el Sr. Freddy Tenelanda Patiño con el número de cedula 0923966543, egresado de la Universidad de Cuenca, realizo su Tesis de Grado, previo a la obtención del título de BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO en las instalaciones de la Empresa, Etapa Ep, sobre la OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL SISTEMA, DE ABASTECIMIENTO DE LA PARROQUIA SININCAY, en los meses de Mayo y Agosto, de 2013, con regular asistencia.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado dar al presente el uso que creyere conveniente.

Cuenca, 21 de Noviembre de 2013

Atentamente,

Ing. Joseph Molina León

SUBGERENTE DE GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO E. ETAPA EP

JO.NAC.

Benigno Malo 7-78 y Mariscal Sucre
Teléfono (593-7) 2831900
Fax: (593-7) 2833048
Casilla 297
Cuenca, Ecuador
Email: contacto@etapa.net.ec
www.etapa.net.ec



Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



ING. JOSEPH MOLINA LEÓN SUBGERENTE DE GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE TELECOMUNICACIONES, AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE CUENCA, ETAPA EP, a petición verbal de parte interesada,

C E R T I F I C A

Que, el Sr. José Muyulema Pinguil con el número de cedula 0105506164, egresado de la Universidad de Cuenca, realizó su Tesis de Grado, previo a la obtención del título de BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO en las instalaciones de la Empresa, Etapa Ep, sobre la OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DE FLOCULACIÓN Y CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL SISTEMA, DE ABASTECIMIENTO DE LA PARROQUIA SININCAY, en los meses de Mayo y Agosto, de 2013, con regular asistencia.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado dar al presente el uso que creyere conveniente.

Cuenca, 21 de Noviembre de 2013

Atentamente,

Ing. Joseph Molina León

SUBGERENTE DE GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO E. ETAPA EP

JO/NAC

Benigno Malo 7-78 y Mariscal Sucre
Teléfono (593-7) 2831900
Fax: (593-7) 2833048
Casilla 297
Cuenca, Ecuador
Email: contacto@etapa.net.ec
www.etapa.net.ec



Autores:

José Muyulema P.

Freddy Tenelanda P.